

G U I D E S P R A T I Q U E S

I N D U S T R I E L S

A. CHEVALIER, J. BOHAN  
A. MOLINA

# GUIDE PRATIQUE DE LA PRODUCTIQUE



**H**ACHETTE  
Technique



INDUSTRIELS

# GUIDE PRATIQUE DE LA PRODUCTIQUE

**André CHEVALIER**

*Inspecteur pédagogique régional - Inspecteur d'académie  
Expert à l'AFNOR et l'UNM  
Président de la commission AFNOR - Documentation technique de produits*

**& associés****Jacques BOHAN***Professeur certifié***Albert MOLINA***Professeur de lycée professionnel*

***Toutes les bases pour maîtriser les fabrications industrielles***

**H**  **HACHETTE**  
*Technique*



**« La Productique est au cœur du monde en mouvement. »**

Cet ouvrage est destiné à tous ceux qui dans leurs activités devront :

- préparer des processus opératoires,
- préparer des portes-pièces,
- prérégler des outils et des outillages,
- mettre en œuvre des procédures de fabrication,
- contrôler des productions,
- participer à la mise en œuvre de procédures de diagnostics,
- contribuer à la maintenance de moyens de production,
- intégrer la sécurité et la protection tant individuelle que collective,
- assurer la qualité des produits fabriqués.

Nous avons pensé tout particulièrement aux élèves des lycées professionnels et des centres de formation pour qu'ils aient des bases solides leur permettant d'évoluer dans leur vie scolaire et professionnelle.

Afin de poursuivre le contact avec les utilisateurs, nous remercions vivement ceux qui voudront bien nous faire part de leurs observations et de leur suggestions.

Nous espérons que ce **Guide pratique de la productique**, compagnon du **Guide pratique du dessin technique**, sera un outil de travail efficace et agréable.

---

## NOTE GÉNÉRALE :

Notre souci est de donner à l'utilisateur l'essentiel des éléments pratiques pour une autonomie suffisante. Il va de soi, toutefois, que les extraits de normes officielles ou les extraits de documentations de fabricants ne sauraient, dans la vie professionnelle, remplacer les documents originaux et qu'il convient de s'y reporter.

---

Composition et schémas : SG Production  
Photographie de couverture : P.S.A.

© HACHETTE LIVRE 2000, 43, quai de Grenelle 75905 Paris Cedex 15  
I.S.B.N. 2.01.16.7037.3

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays.

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes des articles L. 122-4 et L. 122-5, d'une part que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et, d'autre part, que « les analyses et les courtes citations » dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite ».

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, sans autorisation de l'éditeur ou du Centre Français de l'exploitation du droit de Copie (20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris) constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.



# SOMMAIRE

## ÉTUDE DU PRODUIT

1	Démarche productique	6
2	Prise de pièce	7
3	Symbolisation géométrique	9
4	Symbolisation technologique	14
5	Symbolisation d'un palpage	17
6	Transferts de cotes	18
7	Contraintes d'usinage	20
8	Processus particuliers	24
9	Contrat de phase	28

## ÉTUDE DU PORTE-PIÈCE - OUTILLAGE

10	Éléments de mise en position	30
11	Montages entre-pointes	32
12	Mandrins de tour	33
13	Pinces de serrage	34
14	Étaux	35
15	Brides	36
16	Crampons plaqueurs	38
17	Guides de perçage et d'alésage	39
18	Cônes - Rainures à T	40
19	Attachements	42
20	Système de montages modulaires	44
21	Schéma d'assemblage	50
22	Qualification géométrique	52

## TECHNIQUES DE PRODUCTION

23	Coupe des matériaux	53
24	Éléments de coupe	57
25	Durée de vie d'un outil	59
26	Lubrification	61
27	Temps de fabrication	62
28	Incidents d'usinage	64
29	Tournage - Génération des surfaces	65
30	Tournage - Outils en acier rapide	69
31	Tournage - Outils en carbure	73
32	Tournage - Conditions de coupe	82
33	Tournage - Calcul de puissance	84
34	Tournage - Application	85
35	Perçage - Génération des surfaces	86
36	Perçage - Outils	87
37	Perçage - Conditions de coupe	90
38	Perçage - Calcul de puissance	91
39	Perçage - Application	92
40	Alésage - Génération des surfaces	93
41	Alésage - Outils	94
42	Alésage - Application	97
43	Fraisage - Génération des surfaces	99
44	Fraisage - Fraises en acier rapide	103
45	Fraisage - Fraises en carbure	108
46	Fraisage - Conditions de coupe	110
47	Fraisage - Calcul de puissance	112

48	Fraisage - Application	113
49	Filetage	114
50	Filetage - Application	118
51	Taraudage	119
52	Taraudage - Application	121

## COMMANDE NUMÉRIQUE

53	Programmation ISO	122
54	Position des origines - PREF et DEC	126
55	Trajectoires	127
56	Jauges-outils	129
57	Préréglage des outils	130
58	Structure d'un programme	132
59	Cycles de perçage - taraudage	134
60	Décalage angulaire ED	135
61	Cycle de poche G45	136
62	Cycle d'ébauche paraxial G64	137
63	Cycle de gorge G65	138
64	Cycle de filetage G33	139
65	Fonction miroir G51	140
66	Fonction compteur	141
67	Programmation structurée	142
68	Programmation géométrique de profil - P.G.P.	144
69	Programmation paramétrée	146
70	Programmation à choix multiples	148
71	Programmation par familles de pièces	149

## MÉTROLOGIE - MESURE

72	Tolérances dimensionnelles	152
73	Vérifications dimensionnelles	154
74	Vérifications géométriques	157
75	Machines à mesurer	161
76	Procédés d'élaboration et états de surface	164
77	Vérification des états de surface	165
78	Dureté	166

## QUALITÉ - GESTION - MAINTENANCE

79	Poste de travail	168
80	Prévention - Sécurité	170
81	Vocabulaire de la maintenance	171
82	Types de maintenance	172
83	Maintenance des outils	174
84	Charge des machines	175
85	Flux de production	176
86	SPC - Cartes de contrôle	178
87	Technologie de groupe	184
88	Codification des pièces	185
89	Classement - Diagramme de Pareto	186
90	Planification - Diagramme de Gantt	187
91	Qualité	188
92	Stocks - Réapprovisionnement	191
93	Coûts	192



# INDEX ALPHABÉTIQUE

## A

Aboque (éléments de coupe)	58
ABC - Pareto	186
Acier rapide (désignation)	69
Ajustements (tolérances)	152
Alésage	93
Alésoirs cylindriques	94
Angles des outils	54
Appuis	30
Arête d'outil	53
Arrosage	61
Assurance qualité	190
Attachements	42
Audit qualité	190
Axes normalisés	124

## B

Bottement (contrôle - mesure)	160
Bec d'un outil	77
Brides	36
Brinell (dureté)	166
Butée	30

## C

Cote de réglage	23
Canons de perçage	39
Capacité (machine - procédé)	183
Carbure (nuances)	81
Carte de contrôle	178
Cémentation	25-26
Centres d'usinage	88
Cercle de qualité	173
Chaine de cotes	18
Charge des machines	175
Chevauchement (Gantt)	187
Cinq zéros	188
Circularité	158
Coaxialité	159
Codification CETIM-FMG	185
Commande numérique	122
Compteur en C.N.	141
Concentricité (coaxialité)	159
Conditions de coupe :	
- Alésage (alésoirs)	96
- Filetage	117
- Fraisage	110

- Perçage	90
- Taraudage	119
- Tournage	82
Cônes d'emmanchement	40
Contraintes économiques	22
Contraintes géométriques	20
Contraintes technologiques	21
Contraintes d'usinage	20
Contrat de phase	28
Contrôle dimensionnel	154
Conversion (dureté - Pr)	167
Copeau minimum	53
Cote-condition	18
Côtes de réglage	23
Cote directe	18
Cote fabriquée (Cf)	18
Coupe des matériaux	53
Courbe ABC - Pareto	186
Courbe de Gauss	179
Coûts	192
Crampons plaqueurs	38
Cycles en C.N.	134-139

## D

DEC	128
Décalage angulaire (C.N.)	135
Degrés de liberté	9
Démarche productique	6
Désignation des outils à plaquette	80
Diamètre nominal (filetage)	114
Droite de Taylor	59
Durée de vie d'un outil	59
Dureté	166

## E

Écarts normalisés	152
Écart type ( $\sigma$ )	179
Éléments de mise en position	30
Éléments modulaires d'usinage	44
Entraîneurs	32
États de surface (contrôle)	165
États de surface (procédés)	164
Étaux	35
Étendue (W)	180
Éléments de coupe	57

## F

Filetage	114
Famille de pièces	184
Filetage C.N.	139
Flux de production	176
Fonctions G et M en C.N.	123
Forêts	87
Fraisage	99
Fréquence de rotation (n)	57
Fraises en acier rapide	103
Fraises en carbure	108

## G

Gammes types	185
Gantt	187
Géométrie de l'outil	54
Gestion de la qualité	189
Guides de perçage	39

## I

Identification - Porte-plaquette	80
Îlot de production	176
Incidents d'usinage	64

## J

Jalonnement (Gantt)	187
Jauge-outil	129

## K

Kanban	176
--------	-----

## L

Lamage	89
Limites (carte de contrôle)	180
Longueur (mesure sur M.M.T.)	162
Longueur d'arête plaquette	78
Lubrification	61



## M

Machines à mesurer (M.M.T.)	161
Maintenance	171-172
Maintien en position	8
Maîtrise de la qualité	189
Maîtrise statistique de procédé	178
Mandrins de tours	33
Manuel de la qualité	190
Matériaux	GPDT 48
Mesure en coordonnées	161
Méthodes de fabrication	20
Métrologie tridimensionnelle	161
Mise en position	10-30
Mise en position (éléments)	30
M.M.T.	161
Montages entre-pointes	32
Montages modulaires	44
M.S.P. - S.P.C.	178

## N

Nitruration	26
Normales de repérage	9
Nuances de carbure	81
Nombre d'opérations	23
Non-qualité	188

## O

O.P.T.	177
Orientation (arête d'outil)	56
Origines Or, Op, OP (C.N.)	126
Outils à aléser (choix)	95
Outils de filetage	116
Outils de forme (alésage)	94
Outils d'enveloppe (alésage)	96
Outils de fraisage (carbure)	108
Outils de fraisage (rapide)	103
Outils de perçage	87
Outils de tournage (carbure)	73
Outils de tournage (rapide)	69

## P

Palpage (symbolisation)	17
Parallélisme	158
Pareto (courbe ABC)	186
Pas (filetage)	114

Perçage	86
Perpendicularité	159
P.G.P.	144
Pincés de serrage	34
Piges (mesure sur)	156
Planéité	157
Plans de l'outil en main	55
Plaquettes carbure :	
- Choix	76
- Désignation - Identification	79
- Nuances	81
- Longueur d'arête	78
Pointes d'usinage	32
Porte-outil à aléser	96
Porte-outil de tour (choix)	75
Porte-plaquette carbure	80
Poste de travail	168
PREF	126
Préréglage des outils	130
Prévention	170
Prise de pièces	7
Processus particuliers	24
Productique	6
Productivité	6
Profil métrique ISO	114
Programmation à choix multiples	148
Programmation géométrique	144
Programmation ISO	122
Programmation paramétrée	146
Programmation structurée	142
Puissance consommée :	
- Fraisage	112
- Perçage	91
- Tournage	84

## Q

Qualité	188
Qualification géométrique	52

## R

Rainures à T	41
Rayon de bec d'un outil	77
Rectitude	157
Références simulées	GPDT 68
Réglage (cotes)	23

Réglage des outils	130
Risques - Prévention	170
Rockwell B, C (dureté)	166
Rugosité	164-165

## S

Schéma d'assemblage	50
Sécurité	170
Serrage	8
Sous-programme (C.N.)	150
S.P.C. - M.S.P.	178
Statistique	178
Stocks - Réapprovisionnement	191
Surfaces de départ	7-15
Symbolisation d'un palpage	17
Symbolisation géométrique	9
Symbolisation technologique	14
Système modulaire	44
Système qualité	189

## T

Taracuds	120
Taylor (droite de)	59
Technologie de groupe	184
Temps de fabrication	62
Temps manuels	62
Temps série	62
Temps techno-manuels	62
Temps technologiques	62
Tolérances dimensionnelles	152
Tournage	69
Trajectoires CN	125
Transfert de cotes	18
Trempe	25

## V

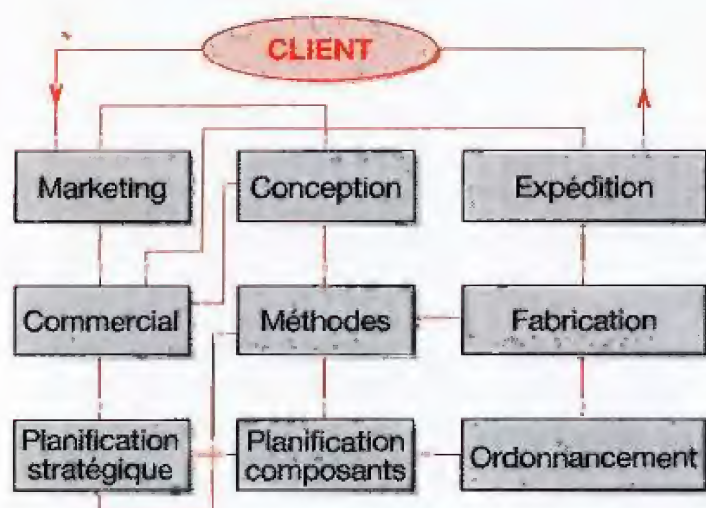
Vérification dimensionnelle	154
Vérification géométrique	157
Vickers (dureté)	166
Vitesse d'avance ( $V_f$ )	58
Vitesse de coupe ( $V_c$ )	57



## Exemples de secteurs d'application



## Liaisons principales entre les services



## LES CINQ OBJECTIFS ULTIMES

<b>Zéro défaut</b>	Tous les produits doivent être conformes aux spécifications requises.
<b>Zéro délai</b>	Les produits sont livrés au bon moment : ni trop tôt, ni trop tard.
<b>Zéro stock</b>	On fabrique au bon moment, ce dont le client a besoin.
<b>Zéro papier</b>	On ne produit pas de papier inutile.
<b>Zéro panne</b>	Les machines sont disponibles chaque fois que l'on en a besoin et les produits fabriqués sont fiables.

Photos : Photothèque Lancôme, Photothèque Aérospatiale, Photothèque Pechiney.

La démarche productive s'applique à tout produit fabriqué industriellement et ceci quel que soit le secteur d'activité concerné (aéronautique, agroalimentaire, automobile, armement, électricité, électronique, informatique, construction navale, industrie pharmaceutique...).

Cette démarche permet notamment la maîtrise et l'optimisation :

- de la conception d'un produit,
- de la mise au point d'un procédé,
- de la gestion de la production,
- de la compétitivité de la productivité.

<b>DÉMARCHE PRODUCTIVE</b>	Produit
	Procédé
	Production
	Productivité
$\text{Productivité} = \frac{\text{Quantité de produits}}{\text{Coût de la fabrication}}$	

La démarche productive est globale, elle concerne tous les services et elle implique tous les acteurs concernés.

Il en résulte une utilisation généralisée de l'informatique à tous les niveaux :

- conception assistée par ordinateur (C.A.O.),
- dessin assisté par ordinateur (D.A.O.),
- gestion de production assistée par ordinateur (G.P.A.O.),
- fabrication assistée par ordinateur (F.A.O.),
- maintenance assistée par ordinateur (M.A.O.),
- gestion de la qualité assistée par ordinateur (G.Q.A.O.)

La mise en œuvre de la démarche productive nécessite une liaison entre tous les services concernés.



## EXEMPLE

Le montage représenté est destiné au tournage de la surface cylindrique **S**.

La **forme** de cette surface est donnée par le mouvement relatif pièce-outil.

La **position** de la surface **S** dépend des surfaces de la pièce en contact avec le montage.

La position de la surface **S** est correcte si son axe est compris à l'intérieur d'un cylindre de  $\varnothing 0,06$  dont l'axe est défini par les surfaces de référence **Ap** et **Bp** de la pièce.

## REMARQUE

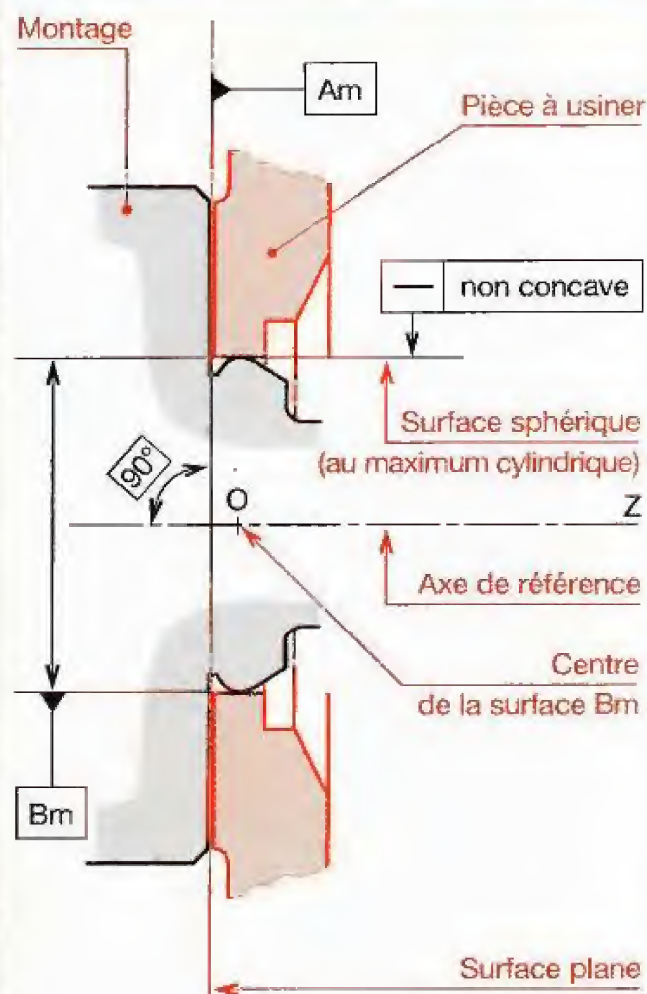
Les surfaces **Ap** et **Bp** constituent un système de références ordonnées\* :

■ **Ap** est la référence primaire et donne l'orientation de l'axe (l'axe est perpendiculaire au plan **Ap**),

■ **Bp** est la référence secondaire et définit la position de l'axe (l'axe passe par le centre du centrage court **Bp**).

\* Voir GPD 16.3.

## Surfaces de mise en position



La pièce en contact avec les surfaces **Am** et **Bm** du montage, conserve un degré de liberté en rotation autour de l'axe OZ.

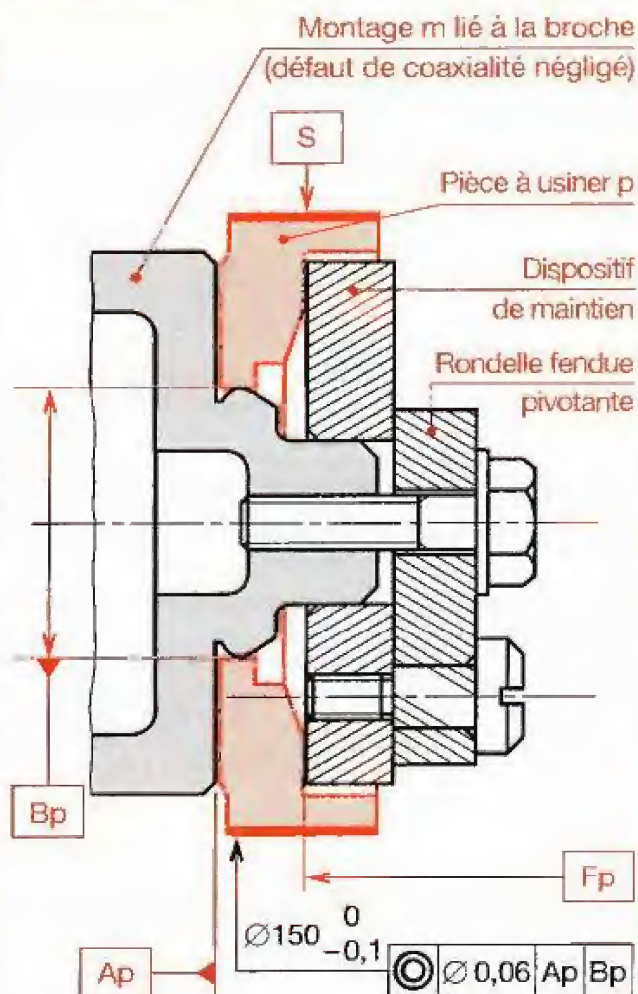
La mise en position a donc éliminé 5 degrés de liberté :

- 3 sont éliminés par la portion de plan **Am**,
- 2 sont éliminés par la portion de sphère **Bm**.

## RÈGLE

La mise en position d'une pièce est caractérisée par les degrés de liberté qu'elle élimine.

## Montage de tournage



Les surfaces de la pièce, en contact avec le montage sont **Ap**, **Bp** et **Fp**.

- **Ap** et **Bp** assurent la mise en position de la pièce,
- **Fp** reçoit l'effort de maintien en position.

## RÈGLE

Une prise de pièce est définie si l'on connaît :

- les surfaces qui assurent la mise en position,
- les surfaces qui reçoivent les efforts de maintien en position.



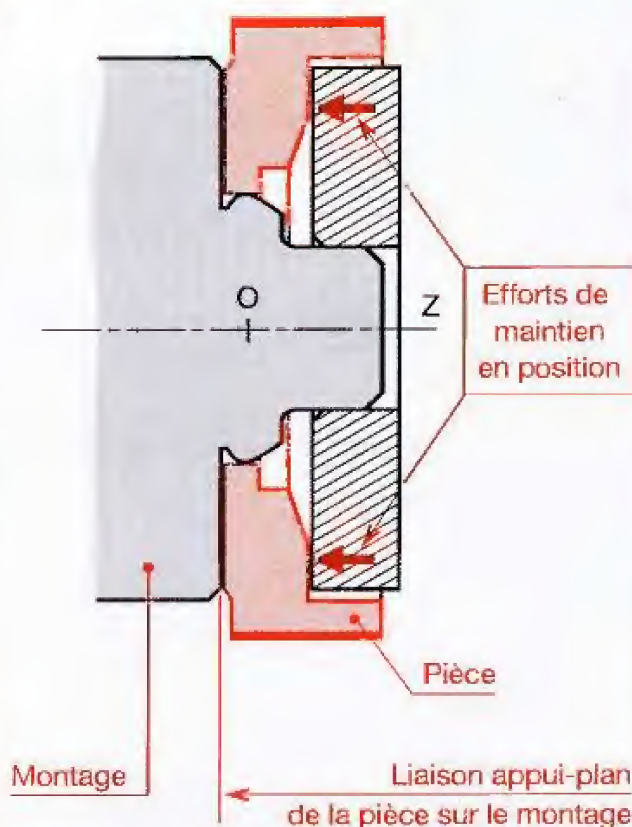
**Maintien en position**

Le dispositif de maintien en position doit assurer, en permanence, le contact de la pièce avec les surfaces du montage qui assurent la mise en position et ceci malgré les actions dues aux efforts de coupe.

**REMARQUES**

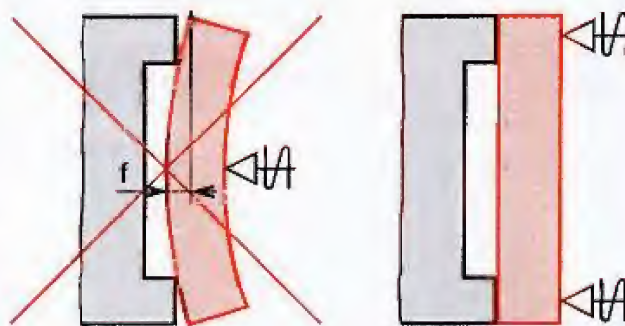
■ Dans l'exemple, le dispositif de maintien en position n'exerce son action que sur la liaison appui-plan de la pièce sur le montage. Une fois l'action de serrage effectuée, la pièce perd, par adhérence, le degré de liberté en rotation autour de l'axe OZ.

■ Dans certains cas, le contact de la pièce sur une partie de ses appuis peut être assuré, soit manuellement au moment du serrage de la pièce, soit à l'aide de poussoirs à ressort. On appelle cette action un pré-serrage.

**RÈGLES GÉNÉRALES****Réduire les déformations**

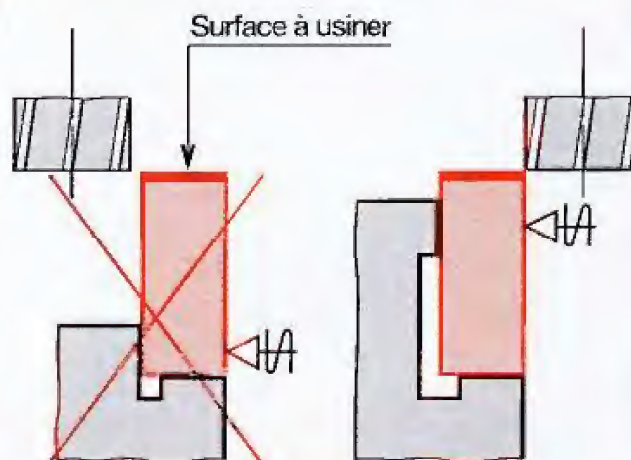
Afin d'éviter des déformations excessives :

- les forces de serrage doivent s'exercer au droit de chaque contact de mise en position,
- l'intensité du serrage doit être aussi faible que possible. En aucun cas, elle ne doit engendrer à la pièce des déformations supérieures à 0,5 fois la tolérance à respecter.

**Réduire les vibrations**

Afin de réduire les vibrations pendant l'usinage :

- les forces de serrage doivent s'exercer dans une zone aussi proche que possible de la surface à usiner,
- les efforts de coupe doivent appliquer la pièce sur ses appuis,
- les déformations du montage, sous les efforts de maintien et sous les efforts de coupe doivent être négligeables.





Cette symbolisation définit la mise en position géométrique d'une pièce à partir des degrés de liberté éliminés (GPD1 20.3).

Théoriquement, un degré de liberté est éliminé par un contact ponctuel (fig. 1 et chapitre 10).

### Degré de liberté

À un degré de liberté correspond la possibilité d'un mouvement relatif de rotation ou de translation entre deux solides **M** et **P**.

Un solide qui n'a aucune liaison possède 6 degrés de liberté : 3 en rotation et 3 en translation.

### NORMALE DE REPÉRAGE 3.1

On schématise chaque contact ponctuel théorique par un vecteur normal à la surface considérée (fig. 2).

Ce vecteur est appelé normale de repérage.

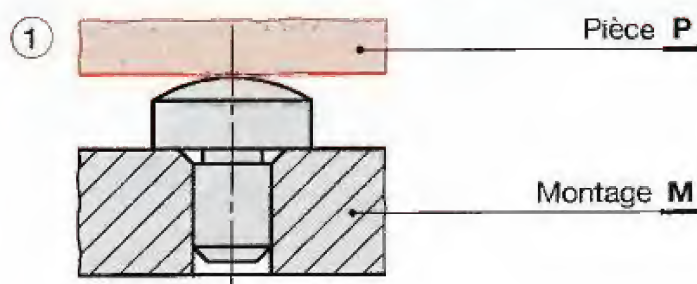
Le symbole doit être placé du côté libre de matière à l'emplacement choisi (fig. 3a). Toutefois quand on manque de place, le symbole peut être placé sur une ligne d'attache (fig. 3b).

## PRINCIPE D'UTILISATION 3.2

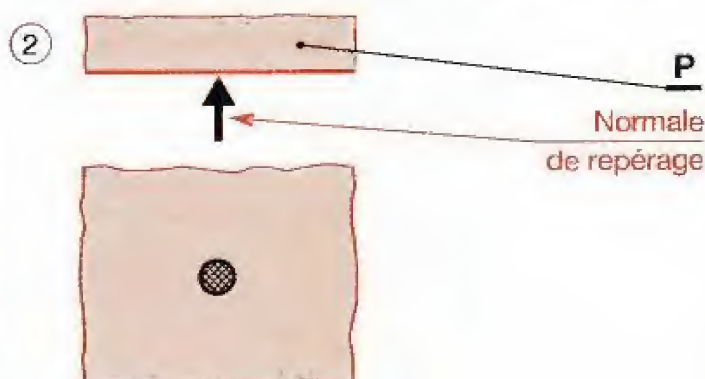
On affecte à chaque surface autant de normales de repérage qu'elle doit éliminer de degrés de liberté.

- Dessiner les symboles dans les vues où leurs positions sont les plus explicites.
- Repérer, dans chaque vue, les symboles par un chiffre de 1 à 6 au maximum.
- Limiter leur nombre en fonction des cotes de fabrication à réaliser dans la phase.
- Coter éventuellement leur position.

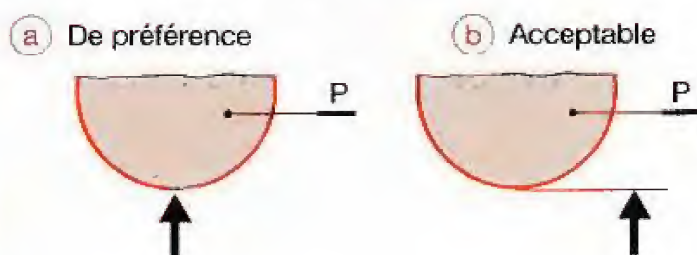
### Élimination d'un degré de liberté



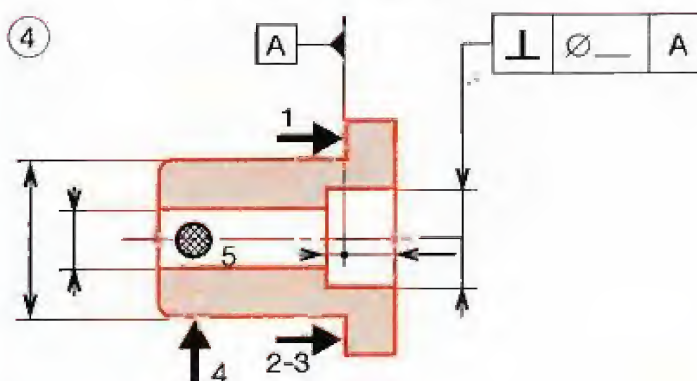
### Symbolisation d'une normale de repérage



### ③ Position du symbole



### Exemple d'utilisation

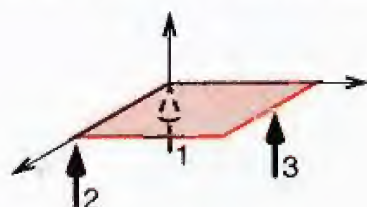




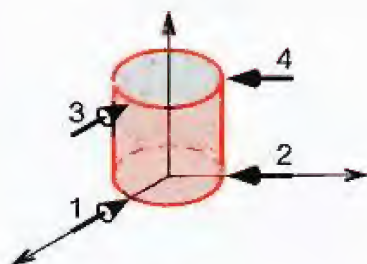
### Mise en position par une référence

Nombre maximal de degrés éliminés par chaque surface

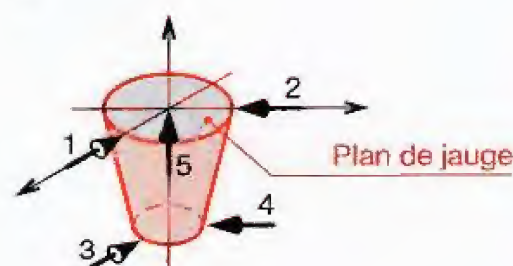
Plan



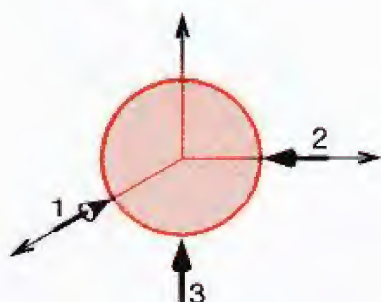
Cylindre



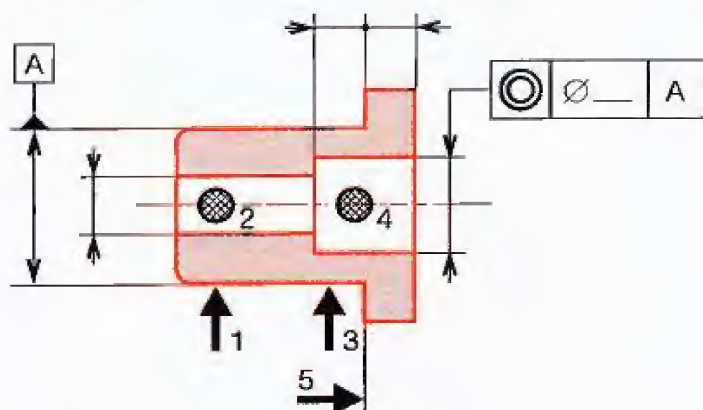
Cône



Sphère



### Mise en position par un système de référence



## 3.3 MISE EN POSITION ISOSTATIQUE

### 3.31 MISE EN POSITION PAR UNE RÉFÉRENCE

Si une mise en position est assurée par une seule surface de référence, le nombre des normales affectées à cette référence ne peut être supérieur aux degrés de liberté que la surface peut éliminer.

#### NOMBRE MAXIMAL DE DEGRÉS DE LIBERTÉ ÉLIMINÉS

Plan	Cylindre	Cône	Sphère
3	4	5	3

### 3.32 MISE EN POSITION PAR UN SYSTÈME DE RÉFÉRENCES

Un système de références est composé par plusieurs surfaces de référence.

Si sur chaque surface on place le nombre maximal de normales de repérage, on arrive fréquemment à un chiffre supérieur au nombre de degrés de liberté à éliminer. Une telle mise en position est hyperstatique et il est pratiquement impossible d'avoir, sans déformation, une portée sur tous les contacts spécifiés.

#### PRINCIPE FONDAMENTAL

Une mise en position est isostatique :

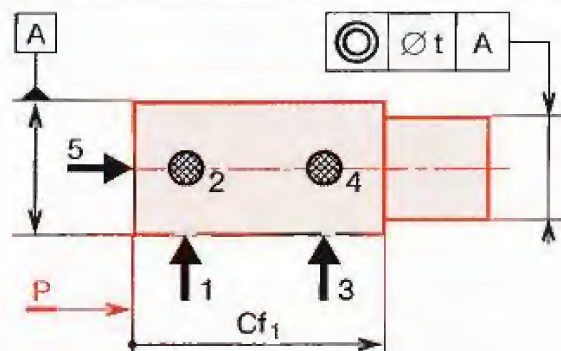
- si le nombre de normales de repérage est égal au nombre de degrés de liberté à éliminer,
- si chacune des normales de repérage contribue à éliminer un degré de liberté.

L'emplacement d'une normale de repérage est déterminé de telle manière que le degré de liberté qu'elle supprime ne soit pas déjà interdit par une autre normale.

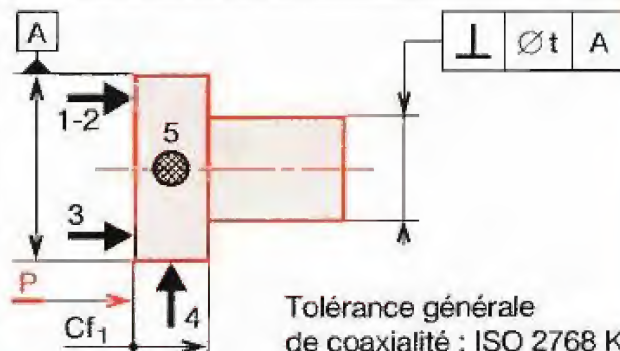


## 3.4 EXEMPLES D'APPLICATION

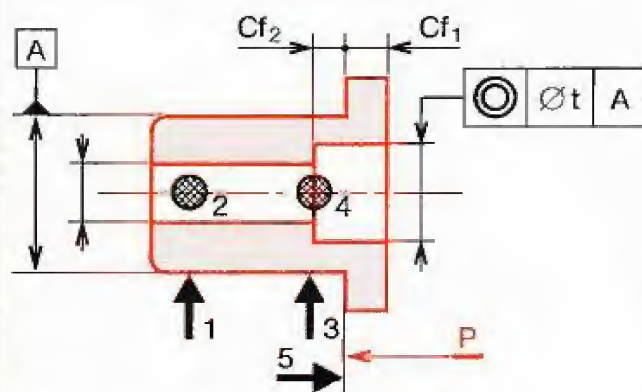
### 3.41 PIÈCES DE TOURNAGE OU PIÈCES DE RÉVOLUTION



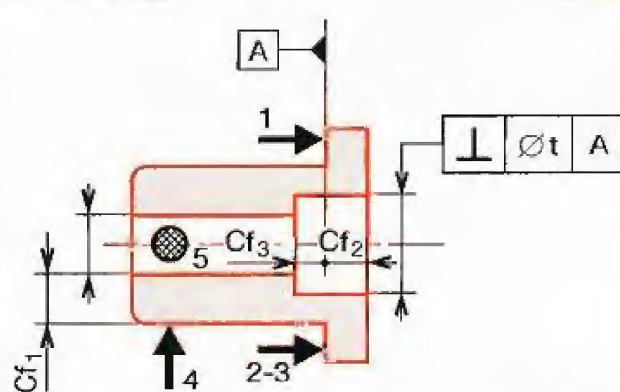
- **Tolérance de coaxialité  $t$**  : quatre degrés de liberté éliminés à partir de la surface cylindrique (normales 1, 2, 3 et 4).
- **Cotes  $Cf_1$**  : un degré de liberté éliminé à partir du plan P (normale 5).



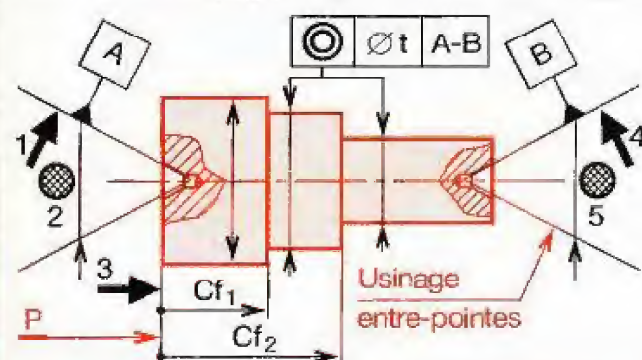
- **Tolérance de perpendicularité  $t$**  : trois degrés de liberté éliminés à partir du plan P (normales 1, 2 et 3).
- **Tolérance générale de coaxialité  $K$**  (GPD 15.8) : deux degrés de liberté éliminés à partir de la surface cylindrique (normales 4 et 5).



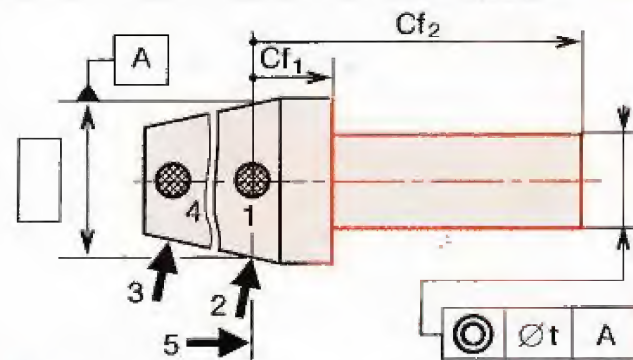
- **Tolérance de coaxialité  $t$**  : quatre degrés de liberté éliminés à partir de la surface cylindrique (normales 1, 2, 3 et 4).
- **Cotes  $Cf_1$  et  $Cf_2$**  : un degré de liberté éliminé à partir du plan P (normale 5).



- **Tolérance de perpendicularité  $t$**  : trois degrés de liberté éliminés à partir du plan A (normales 1, 2 et 3).
- **Cote  $Cf_1$**  : deux degrés de liberté éliminés à partir de la surface cylindrique (normales 4 et 5).



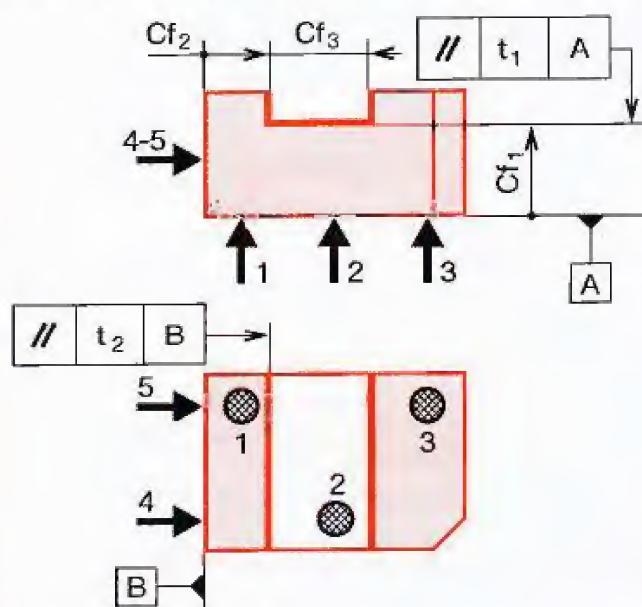
- **Tolérance de coaxialité  $t$**  : quatre degrés de liberté éliminés à partir des centres d'usinages (normales 1, 2, 4 et 5).
- **Cotes  $Cf_1$  et  $Cf_2$**  : un degré de liberté éliminé à partir du plan P (normale 3).



- **Tolérance de coaxialité  $t$  et cotes  $Cf_1$ ,  $Cf_2$**  : cinq degrés de liberté éliminés à partir de la surface conique (normales 1, 2, 3, 4 et 5). Voir aussi GPD 19.2.



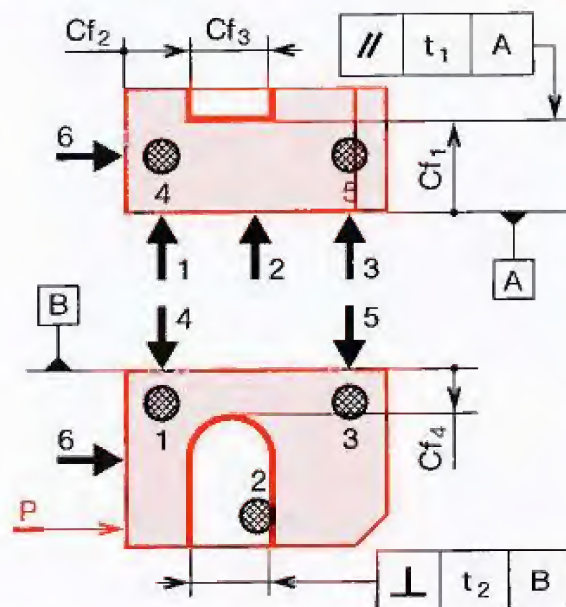
## 3.42 PIÈCES DE FRAISAGE OU PIÈCES PRISMATIQUES



■ Tolérance de parallélisme  $t_1$  : trois degrés de liberté éliminés à partir du plan A (normales 1, 2 et 3).

■ Tolérance de parallélisme  $t_2$  : deux degrés de liberté éliminés à partir du plan B (normales 4 et 5).

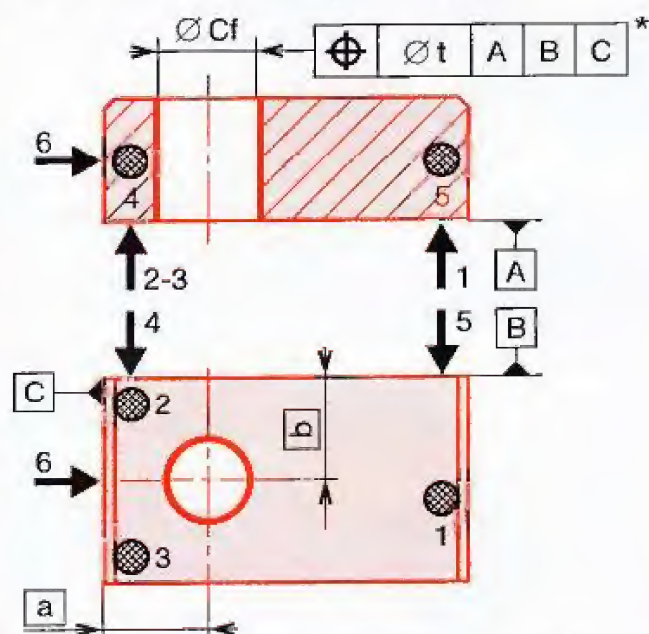
NOTA : il est recommandé de limiter les normales de repère en fonction des cotes fabriquées (NF E 04-013).



■ Tolérance de parallélisme  $t_1$  : trois degrés de liberté éliminés à partir du plan A (normales 1, 2 et 3).

■ Tolérance de perpendicularité  $t_2$  : deux degrés de liberté éliminés à partir du plan B (normales 4 et 5).

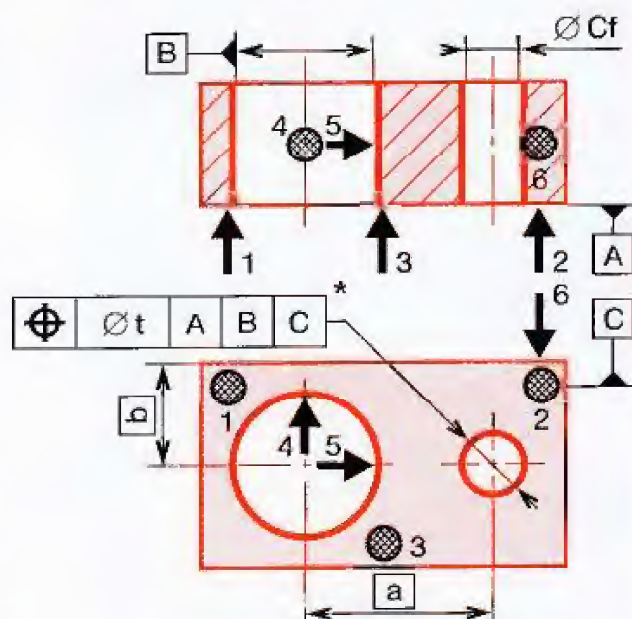
■ Cotes  $Cf_2$  : un degré de liberté éliminé à partir du plan P (normale 6).



■ A référence primaire : trois degrés de liberté éliminés par le plan A (normales 1, 2 et 3).

■ B référence secondaire : deux degrés de liberté éliminés par le plan B (normales 4 et 5).

■ C référence tertiaire : un degré de liberté éliminé par le plan C (normale 6).



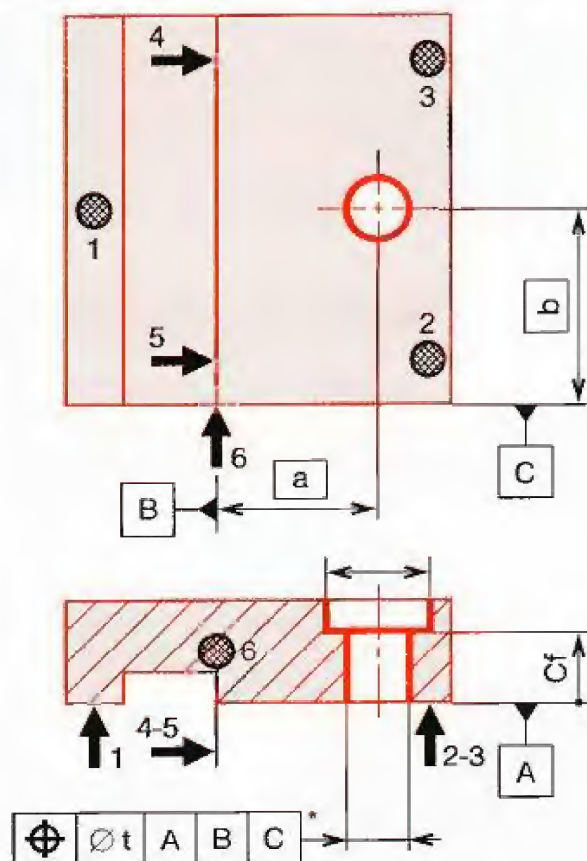
■ A référence primaire : trois degrés de liberté éliminés par le plan A (normales 1, 2 et 3).

■ B référence secondaire : deux degrés de liberté éliminés par l'alésage B (normales 4 et 5).

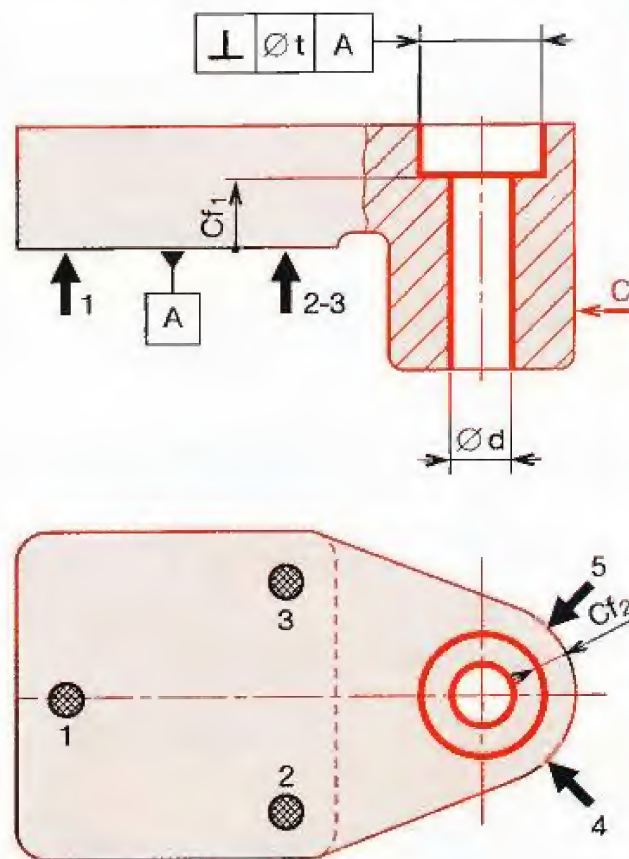
■ C référence tertiaire : un degré de liberté éliminé par le plan C (normale 6).

\* Surfaces concernées dans l'ordre décroissant des degrés de liberté (GPI/T § 16.3).

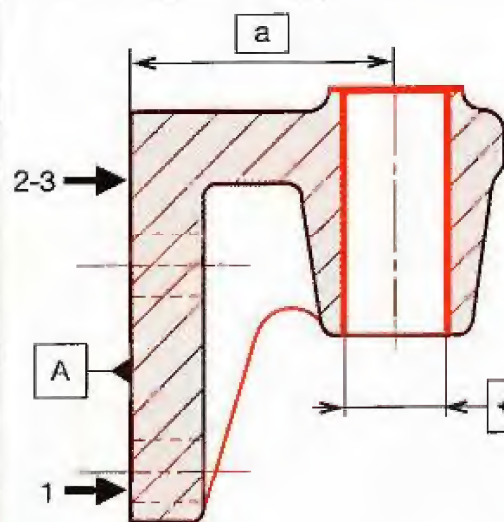




- **Référence primaire A** : trois degrés de liberté éliminés à partir du plan A (normales 1, 2 et 3).
- **Référence secondaire B** : deux degrés de liberté éliminés à partir du plan B (normales 4 et 5).
- **Référence tertiaire C** : un degré de liberté éliminé à partir du plan C (normale 6).

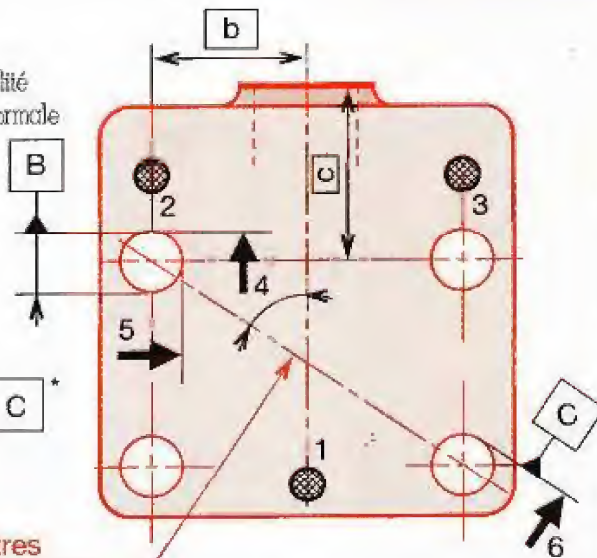


- **Cote Cf<sub>1</sub>** : trois degrés de liberté éliminés à partir du plan d'appui A (normales 1, 2 et 3).
- **Cote Cf<sub>2</sub>** : deux degrés de liberté éliminés à partir de la portion de cylindre C (normales 4 et 5).



NOTA :  
Pour une bonne qualité  
de l'orientation, la normale  
de repérage 6  
doit être  
perpendiculaire  
à la ligne  
des centres.

Ligne des centres

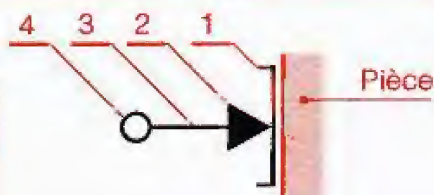


- **Référence primaire A** : trois degrés de liberté éliminés à partir du plan d'appui A (normales 1, 2 et 3).
- **Référence secondaire B** : deux degrés de liberté éliminés à partir de l'alésage B (normales 4 et 5).
- **Référence tertiaire C** : un degré de liberté éliminé à partir de l'alésage C (normale 6).

\* Surfaces concernées dans l'ordre décroissant des degrés de liberté (GPDT § 16.3).



Un symbole  
peut comporter  
4 éléments



Cette symbolisation est destinée à définir les types de solutions technologiques à utiliser pour mettre en position et maintenir en position une pièce au cours de sa fabrication.

### 1. NATURE DU CONTACT AVEC LA SURFACE OU LE TYPE D'APPUI

Contact ponctuel	Contact surfacique	Contact strié	Pointe fixe	Pointe tournante
Contact dégaî	Cuvette	Vé	Palonnier	Orienteur

### 2. FONCTION DE L'ÉLÉMENT TECHNOLOGIQUE

Mise en position Départ de cotation	  	Appui Maintien en position Prépositionnement Opposition aux déformations ou aux vibrations	
	Centreur complet Centreur dégaî		

### 3. NATURE DE LA SURFACE DE LA PIÈCE

Surface usinée (un seul trait)		Surface brute (deux traits)	
-----------------------------------	--	--------------------------------	--

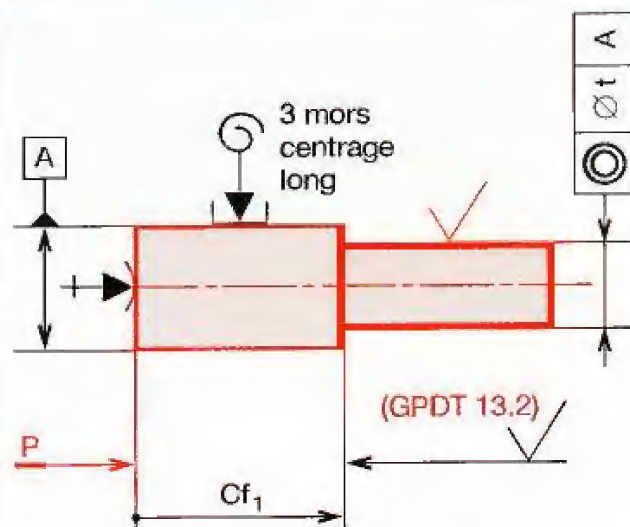
### 4. TYPE DE TECHNOLOGIE

Appui fixe		Pièce d'appui, touche...		Touche de prélocali- sation, détrompeur...
Centrage fixe		Centreur, broche...		Précentreur
Système à serrage		Mise en position et serrage symétrique...		Eride, vérin...
Système à serrage concentrique		Mandrin, pinces expansibles...		Entraîneur (serrage concentrique flottant)...
Système de réglage irréversible		Appui réglable de mise en position...		Appui réglable de soutien...
Système de réglage réversible		Vis d'appui réglable...		Antivibreur...
Centrage réversible		Pied conique, broche conique...		Pied conique, broche conique...



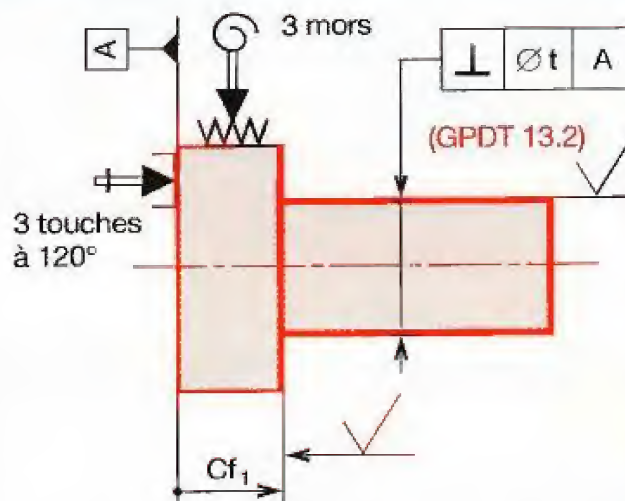
### EXEMPLE D'APPLICATION

### Montage en l'air - Centrage long



- **Tolérance de coaxialité t :** centrage long et entraînement sur une surface usinée (contact surfacique) par un mandrin à serrage concentrique (chapitre 12).
- **Cote Cf<sub>1</sub> :** butée sur une surface usinée P par une touche à contact ponctuel.

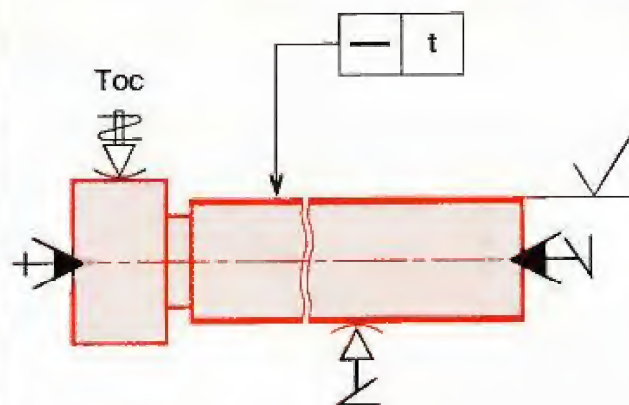
### Montage en l'air - Centrage court



Tolérance générale de coaxialité : ISO 2768 K

- **Tolérance de perpendicularité t et cote Cf1** : appui plan sur une surface brute par trois touches planes à 120°.
- **Tolérance générale de coaxialité K (GPDt 15.8)** : centrage court et entraînement sur une surface brute (contact strié) par un mandrin à serrage concentrique (chapitre 12).  
Faible longueur relative de la prise des mors.

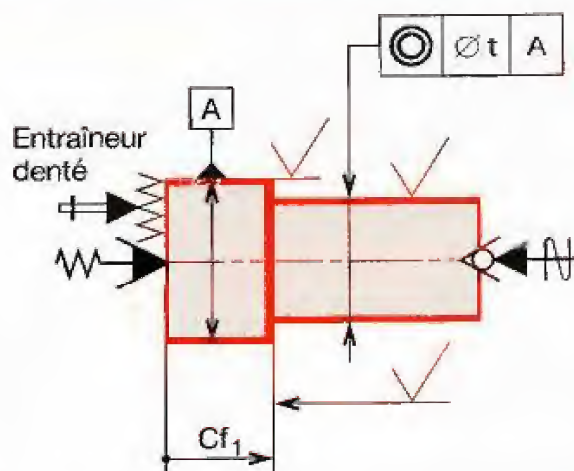
### Montage entre pointes – Entraînement par toc



Tolérance générale de circularité : ISO 2768 K

- **Tolérance générale de circularité K** (GPDT 15.8) : mise en position radiale par une pointe fixe et une contrepointe à réglage irréversible. Butée axiale sur la pointe fixe. Entraînement sur une surface brute par un toc (contacts ponctuels) et plateau pousse-toc.
- **Tolérance de rectitude t** : lunette à suivre pour éviter une flexion excessive de la pièce sous les efforts de coupe.

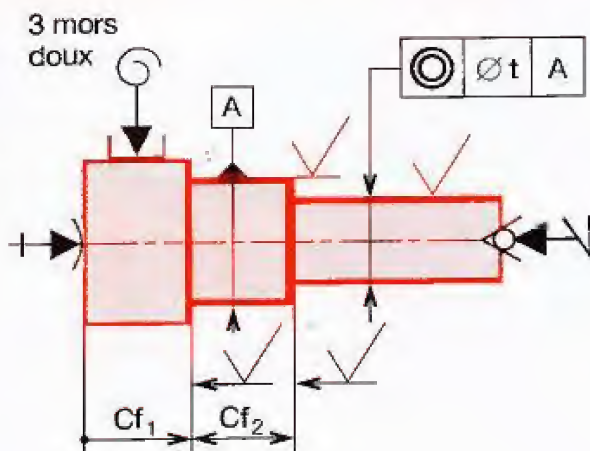
### Montage entre pointes – Entraînement par griffes



- **Tolérance de coaxialité t :** mise en position radiale par une pointe à ressort et une contrepointe tournante à poussée constante.
- **Cote Cfl :** butée axiale sur un disque d'entraînement denté (entraîneur frontal chapitre 11).



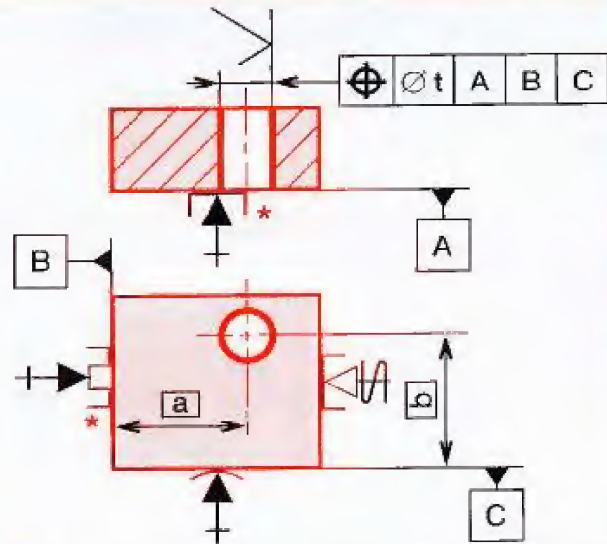
## Montage mixte



■ **Tolérance de coaxialité t** : centrage court et entraînement sur une surface usinée par un mandrin à trois mors doux. Centrage court sur un centre d'usinage par une contrepointe tournante à réglage irréversible.

■ **Cote Cf<sub>1</sub>** : Butée sur une surface usinée par une touche à contact ponctuel.

## Montage en étau



■ **Tolérance de localisation t** : l'axe du trou doit être compris dans une zone cylindrique de  $\varnothing t$ , perpendiculaire au plan A et dans la position théorique spécifiée par les cotes a et b (GPD 16.7).

- **Appui** intégral sur la surface usinée A par un contact plan fixe.

- **Orientation** sur la surface usinée B par une touche fixe à contact dégagé (cote a).

- **Butée** sur la surface usinée C par une touche fixe à contact ponctuel (cote b).

- **Serrage** sur une surface usinée par un dispositif à contact surfacique.

## Montage d'usinage

■ **Tolérance de localisation t** :

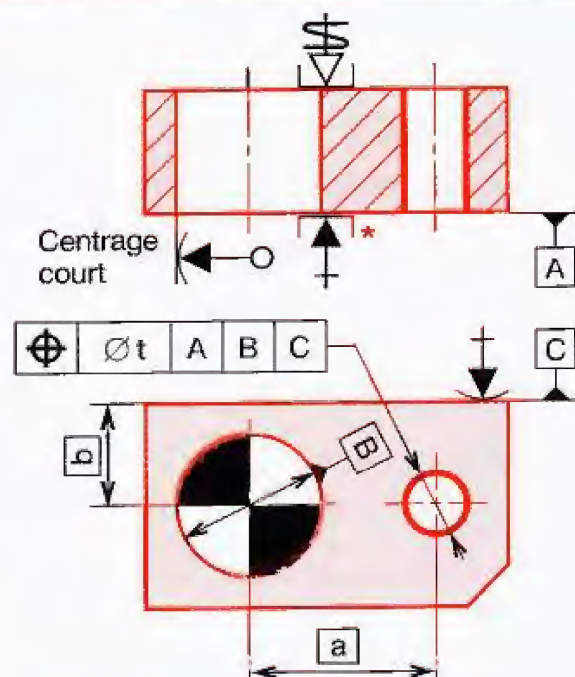
L'axe du trou doit être compris dans une zone cylindrique de  $\varnothing t$ , perpendiculaire au plan A et dans la position théorique spécifiée par les cotes a et b (GPD 16.7).

- **Appui** intégral sur la surface usinée A par un contact plan fixe.

- **Centrage** court sur la surface usinée B par un centreur cylindrique dont la hauteur est inférieure à 0,4 fois le diamètre de l'alésage ( $H < 0,4 D$ ).

- **Orientation** sur la surface usinée C par une touche fixe à contact ponctuel.

- **Serrage** sur une surface usinée par un dispositif à contact surfacique.



\* Le symbole de la nature du contact a une dimension fixe conventionnelle, mais l'appui réel est sur toute la surface.



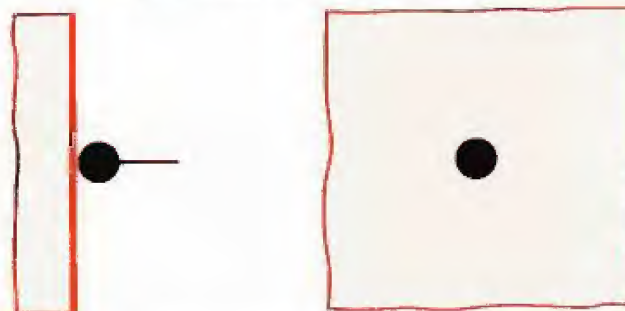
Cette symbolisation permet de définir un départ de coté résultant d'un palpage et ceci quelle que soit la technologie utilisée.

Si nécessaire, le symbole peut être projeté.

■ La **zone de palp** est indiquée par la position de la sphère.

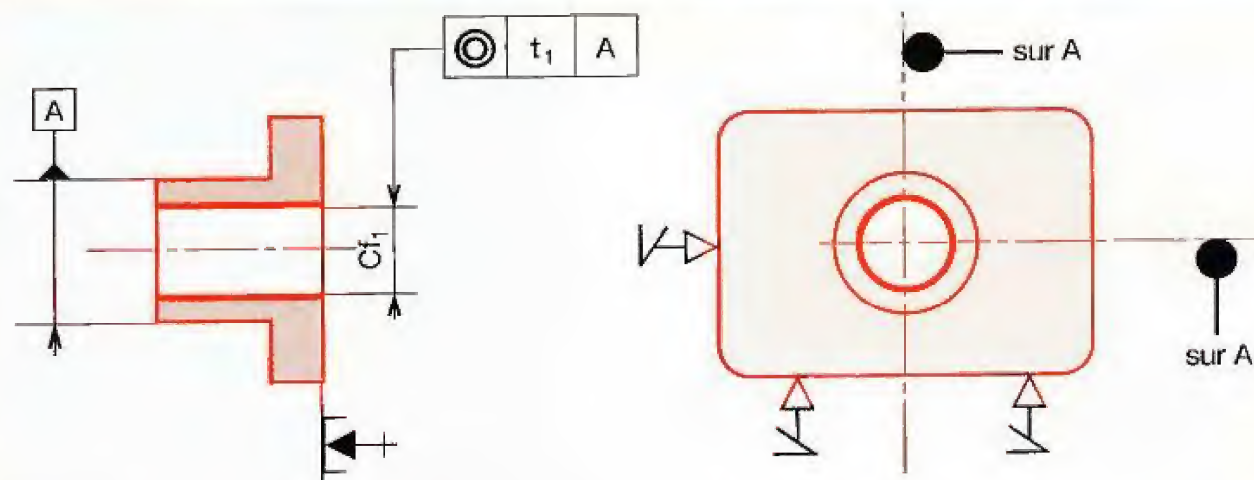
■ La **direction de la mesure** est donnée par la direction de la portion de droite.

## Symbolisation d'un palp



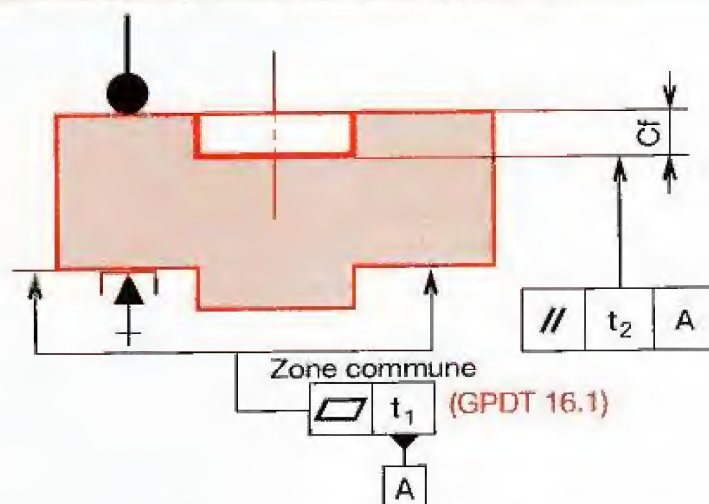
Nota : L'emploi de ce symbole est compatible avec l'usage de la symbolisation géométrique (chapitre 3).

### Exemple 1 : Centrage par palp



Le respect de la tolérance de coaxialité  $t_1$  de l'axe de l'alésage à usiner (cote  $Cf_1$ ) par rapport à l'axe du cylindre de référence  $A$  est assuré par une mise en position de la pièce dépendante des relevés du palp du cylindre  $A$ .

### Exemple 2 : Butée liée à un outil

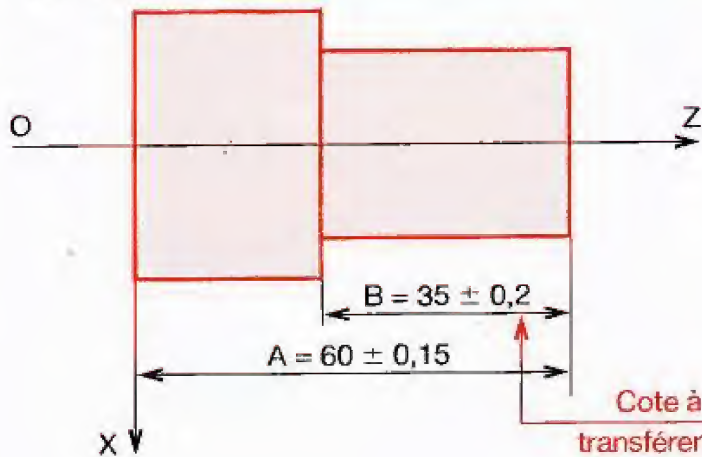


Le respect de la cote  $Cf$  est assuré par une butée mécanique liée à l'outil. L'appui plan permet de respecter la spécification de parallélisme  $t_2$ .

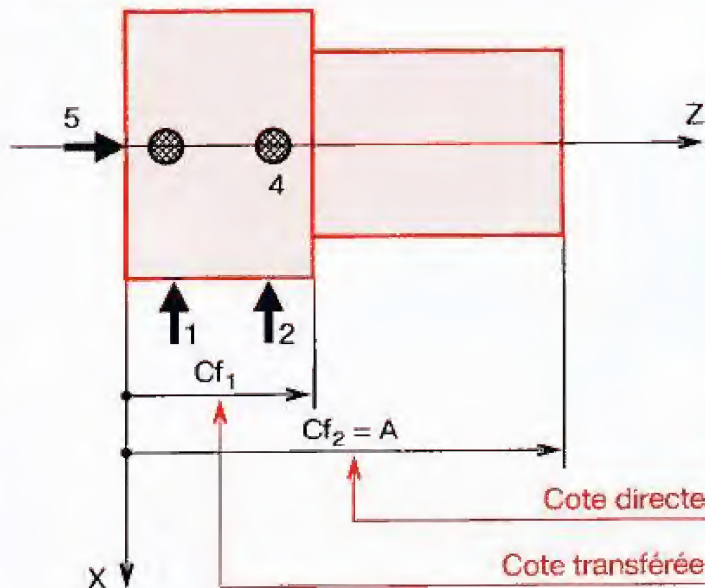


## Exemple

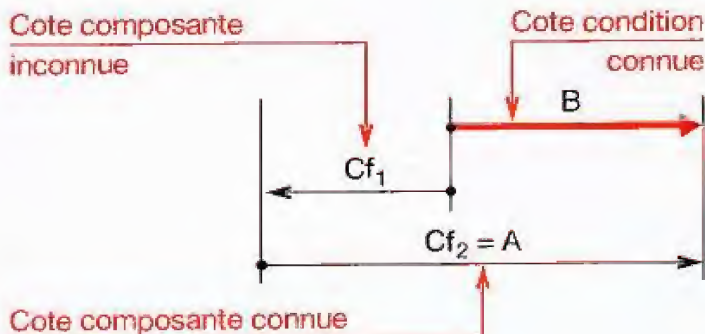
Cotes fonctionnelles



Cotes de fabrication



Chaîne de cotes n° 1



$$IT B = IT Cf_1 + IT Cf_2 \quad (1)$$

Les moyens de fabrication prévus dans l'avant-projet d'étude de fabrication permettent parfois de réaliser directement certaines cotes fonctionnelles. Ces cotes sont appelées « **cotes directes** ». Les autres cotes réalisées indirectement nécessitent un calcul appelé « **transfert de cotes** ».

Le transfert de cotes est un moyen de calcul permettant la détermination des cotes utiles à la fabrication.

## EXEMPLE

Soit à réaliser un axe épaulé.

Les cotes fonctionnelles du dessin de définition à respecter suivant l'axe  $\vec{OZ}$  sont :

$$A = 60 \pm 0,15 \text{ et } B = 35 \pm 0,2;$$

La cote  $A$  est réalisée directement à l'aide de la cote fabriquée  $Cf_2$ .

La cote  $B$  est réalisée indirectement à l'aide de la cote fabriquée  $Cf_1$  ; un transfert de cote est donc nécessaire.

## 6.1 ÉTUDE DU TRANSFERT

Reprenons l'exemple de l'axe épaulé : la cote à transférer est la cote  $B = 35 \pm 0,2$ .

$B$  devient la cote condition.

$Cf_1$  et  $Cf_2$  sont les cotes composantes. On connaît  $Cf_2 = A$  et l'on doit calculer  $Cf_1$ . Les trois relations (1), (2) et (3) sont à respecter.

La tolérance sur la cote condition  $B$  est égale à la somme des tolérances des cotes  $Cf_1$  et  $Cf_2$  composant la chaîne de cotes (GPDT 18.221).

## REMARQUE

Pour une même chaîne de cotes, il ne doit y avoir :

- qu'une seule cote condition,
- qu'une seule cote composante dont la valeur est inconnue.



### CALCUL DE $Cf_1$

■ La valeur de  $Cf_1$  min peut être calculée à l'aide de la relation (2).

■ La valeur de  $Cf_1$  max peut être calculée à l'aide de la relation (3).

■ La relation (1) peut être utilisée pour vérifier l'exactitude des calculs.

#### Valeur de $Cf_1$ min

En utilisant la relation (2)

$$B_{\max} = A_{\max} - Cf_1 \min$$

$$35,2 = 60,15 - Cf_1 \min$$

$$Cf_1 \min = 60,15 - 35,2$$

$$Cf_1 \min = 24,95$$

#### Valeur de $Cf_1$ max

En utilisant la relation (3)

$$B_{\min} = A_{\min} - Cf_1 \max$$

$$34,8 = 59,85 - Cf_1 \max$$

$$Cf_1 \max = 59,85 - 34,8$$

$$Cf_1 \max = 25,05$$

Soit

$$Cf_1 = 25,05 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,1 \end{smallmatrix}$$

#### Vérification

En utilisant la relation (1)

$$\text{Tolérance } B = \text{tolérance } A + \text{tolérance } Cf_1$$

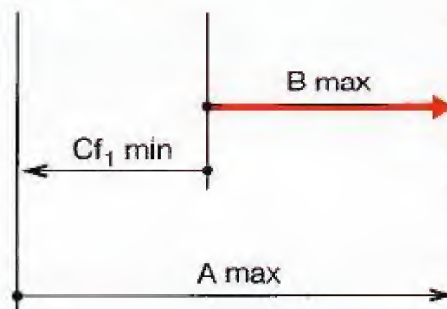
$$0,4 = 0,3 + 0,1$$

La relation (1) est vérifiée.

## VÉRIFICATION 6.2 DIMENSIONNELLE

La vérification dimensionnelle définitive doit se faire à partir des cotes fonctionnelles données par le dessin de définition (GPDT 18.1).

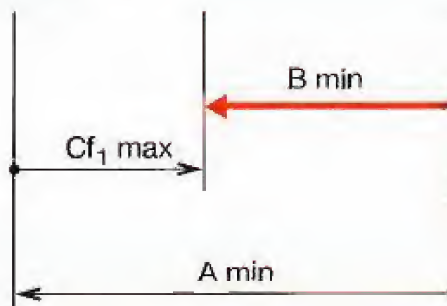
### Chaînes de cotes n° 2



$$B_{\max} = A_{\max} - Cf_1 \min$$

(2)

### Chaînes de cotes n° 3

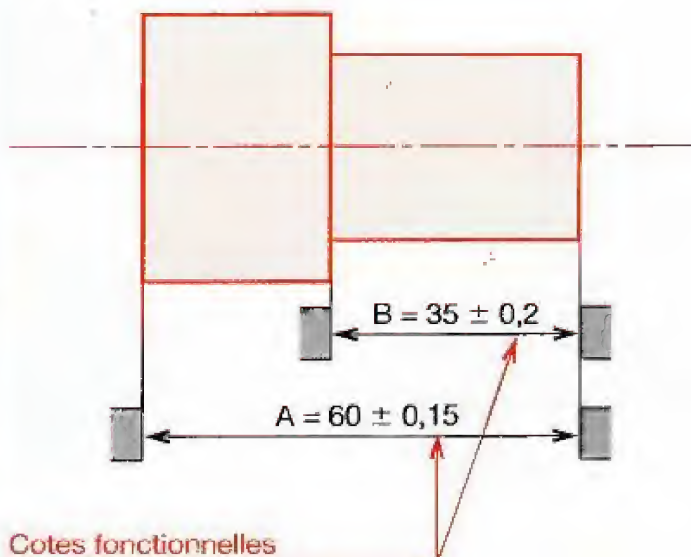


$$B_{\min} = A_{\min} - Cf_1 \max$$

(3)

**NOTA :** Par convention pratique, on oriente fréquemment les valeurs maximales des vecteurs vers la droite et les valeurs minimales des vecteurs vers la gauche.

### Vérification dimensionnelle





Lors de l'établissement des contrats de phase d'une pièce, un certain nombre de contraintes imposent un ordre chronologique pour les opérations d'usinage. On distingue :

■ **les contraintes géométriques et dimensionnelles** données par le respect des formes et des positions prescrites par le dessin de définition,

■ **les contraintes technologiques** imposées par les moyens de fabrication,


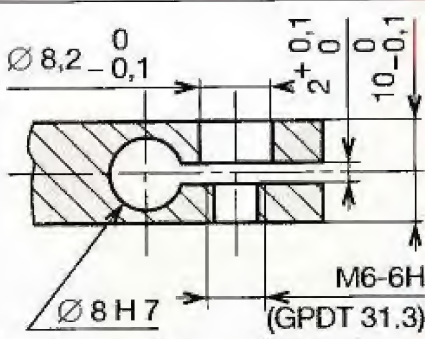
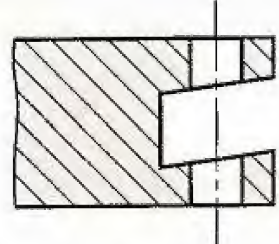
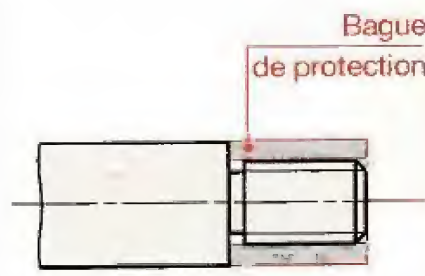
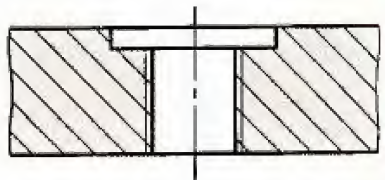
■ **les contraintes économiques** liées à la réduction des coûts de fabrication.

## 7.1 CONTRAINTES GÉOMÉTRIQUES ET DIMENSIONNELLES

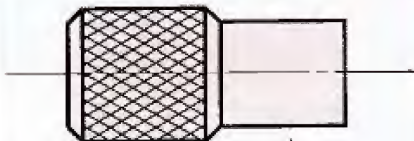
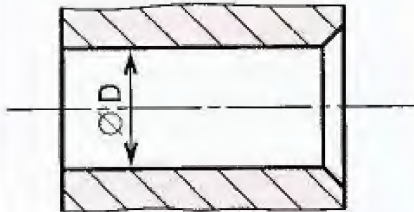
Contraintes	Ordre des opérations	Dessin de définition
<b>Parallélisme</b> Les surfaces A et B doivent être parallèles à 0,05 près.	La surface B est la plus précise, c'est elle qui donnera l'appui plan de meilleure qualité. On en déduit : 1° Usinage de la surface B. 2° Usinage de la surface A.	
<b>Coaxialité</b> Les centres des circonférences A et B matérialisent l'axe de référence.	Les surfaces A et B constituent une même référence. Elles doivent être usinées sans démontage de la pièce. Il en résulte un montage entre pointes de la pièce, d'où : 1° Centrage. 2° Usinage des surfaces A et B.	
<b>Planéité</b> La surface A doit être comprise entre deux plans distants de 0,04.	Après l'usinage de la rainure la pièce aura tendance à s'ouvrir. Il faut prévoir : 1° Une ébauche générale. 2° Une finition des surfaces précises.  NOTA : L'usinage de la rainure modifiant les tensions internes, il est conseillé d'effectuer un traitement de stabilisation après l'ébauche.	
<b>Perpendicularité</b> La surface tolérancée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0,05 et perpendiculaires à la surface de référence A.	Afin de laisser à la fabrication une tolérance de perpendicularité aussi grande que possible, on effectue : 1° L'usinage de la surface A. 2° L'usinage de la surface verticale.	




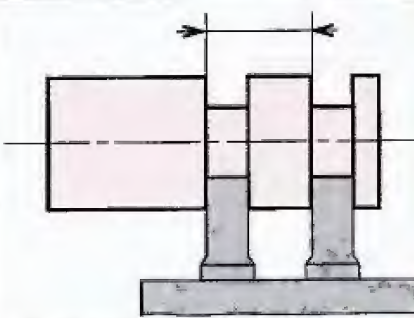
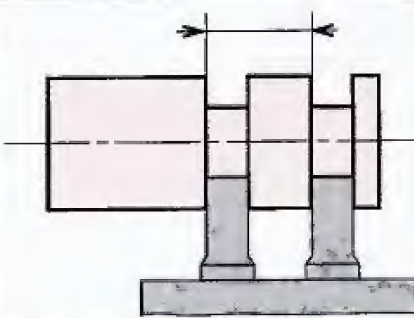
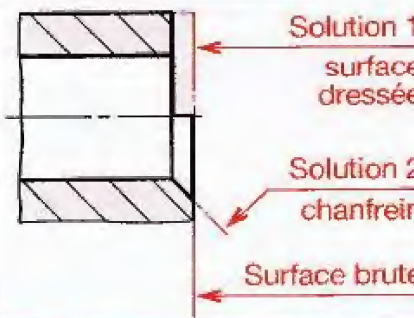
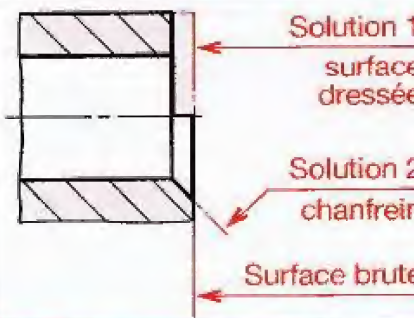
## 7.2 CONTRAINTES TECHNOLOGIQUES

Contraintes	Ordre des opérations	Dessin de définition
<b>Affaiblissement dû à l'usinage</b>	Afin d'éviter un affaiblissement prématuré de la pièce, on termine l'extrémité 1 avant de commencer l'usinage de la gorge 2.	
<b>Flexibilité par usinage</b> La pièce assure le maintien d'un arbre par pincement.	La fente de largeur 2 rend la pièce particulièrement flexible ; l'usinage de cette fente est effectué à la dernière opération.	
<b>Déviation du foret</b>	Afin d'éviter une déviation du foret lors de l'attaque du perçage inférieur, on termine le perçage avant d'effectuer le rainurage, ou on utilise un montage spécial guidant le foret lors du perçage inférieur.	 Matière : EN AW-2017
<b>Détérioration des surfaces fragiles</b>	Lors des manipulations successives, la partie filetée peut recevoir des chocs. Il est conseillé de terminer par l'opération de filetage. En cas d'impossibilité, protéger la partie filetée par une bague en matière plastique par exemple.	
<b>Utilisation d'un type d'outillage</b>	On prévoit d'utiliser une fraise à lamer avec pilote. Dans ce cas, il est nécessaire : - de percer avant de lamer, - de lamer avant de tarauder pour ne pas détériorer la partie filetée.	



Contraintes	Ordre des opérations	Dessin de définition
Supprimer les bavures dues au moletage	Effectuer les chanfreins après le moletage.	
Pas de bavure dans l'alésage de diamètre D	Afin de supprimer la bavure due au fraisurage, on procède de la manière suivante : 1° Ébauche et demi-finition éventuelle de l'alésage. 2° Fraisurage. 3° Finition de l'alésage.	
Finitions précises	Ne pas entreprendre d'opération de finition tant que la pièce risque de subir des déformations lors d'autres opérations de fabrication.	

### 7.3 CONTRAINTES ÉCONOMIQUES

Contraintes	Ordre des opérations	Dessin de définition
<b>Réduire la durée de l'usinage</b> a) Organiser les passes d'usinage.	La solution B présente un temps d'usinage plus faible que la solution A.	<p>Solution A</p>  <p>Solution B</p> 
b) Associer les outils.	L'association de deux outils, outre le respect en « cote directe » de la cote du dessin de définition, permet de gagner un temps appréciable par rapport à l'utilisation d'un seul outil.	
Réduire l'usure des outils	L'outil de finition attaque sur une surface brute. Pour le protéger, on peut : - soit dresser l'extrémité de la pièce, - soit effectuer un chanfrein.	<p>Solution 1</p>  <p>Solution 2</p>  <p>Surface brute</p>



## 7.4 NOMBRE D'OPÉRATIONS POUR RÉALISER UNE SURFACE

En fonction de la valeur :

- de la tolérance dimensionnelle  $t_1$ ,
- de la tolérance géométrique  $t_2$ ,
- de la tolérance d'état de surface  $t_3$ ,

une surface élémentaire\* est réalisée en une ou plusieurs opérations.

Le tableau ci-contre donne, à titre de première estimation, le nombre d'opérations généralement nécessaire.\*\*

Pour une surface donnée, le nombre d'opérations à effectuer est celui donné pour la tolérance la plus exigeante.

### EXEMPLE

$t_1 = 0,3 \Rightarrow 1 \text{ à } 2 \text{ opérations}$ ,

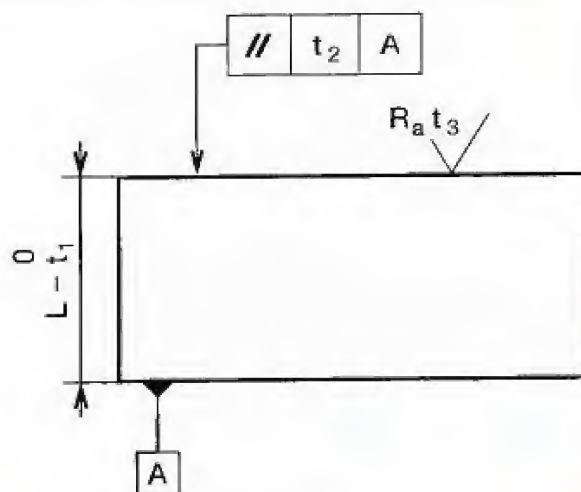
$t_2 = IT7 \Rightarrow 2 \text{ à } 3 \text{ opérations}$ ,

$t_3 = R_a 3,2 \Rightarrow 1 \text{ à } 2 \text{ opérations}$ .

Nombre d'opérations à effectuer : 2 à 3 (le nombre exact est fixé après essais).

\* Une surface élémentaire est une surface géométrique simple (plan, cylindre, cône, sphère, tore).

\*\* D'après CETIM.



Nombre d'opérations	Dénomination	Nombre d'opérations	Dénomination	Tolérance géométrique $t_2$	IT en $\mu m$ (GPDT 15.4)		
					$\leq 6$	7-8	$> 9$
1	■ Ébauche-finition	4	■ Ébauche ■ 1/2 finition ■ Finition ■ Superfinition	Nombre d'opérations	3 à 4	2 à 3	1
2	■ Ébauche ■ Finition			État de surface $t_3$	$R_a$ (GPDT 13)		
3	■ Ébauche ■ 1/2 finition ■ Finition			Nombre d'opérations	4	2 à 3	1 à 2

## 7.5 COTES DE RÉGLAGE

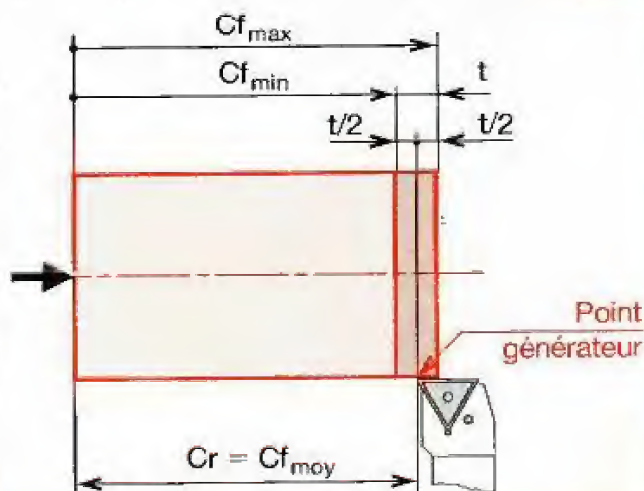
La position de l'outil est donnée par la cote de réglage  $Cr$ .

Cette cote de réglage doit permettre d'obtenir sur la pièce une dimension comprise entre  $Cf_{max}$  et  $Cf_{min}$ .

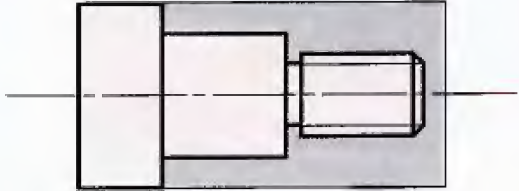

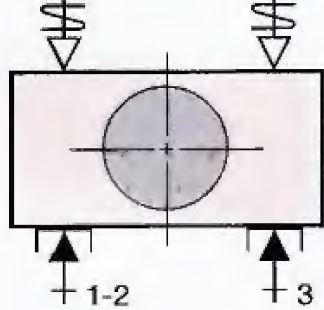
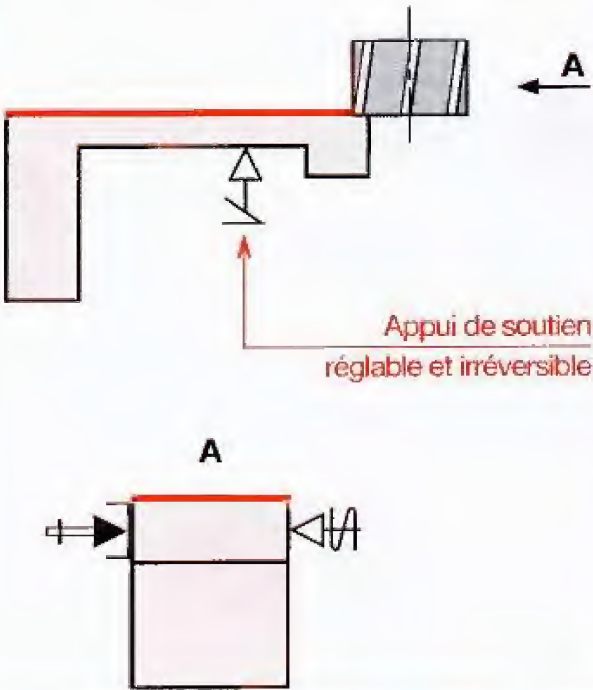
Afin d'optimiser la position de l'outil, on place, pratiquement, le point générateur à une distance  $Cr$  égale à la cote fabriquée moyenne.

$$Cr = \frac{Cf_{max} + Cf_{min}}{2}$$

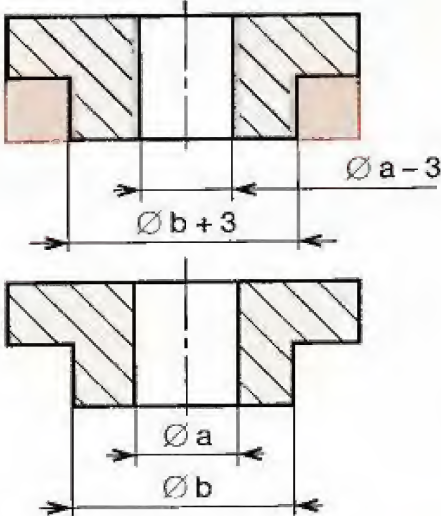
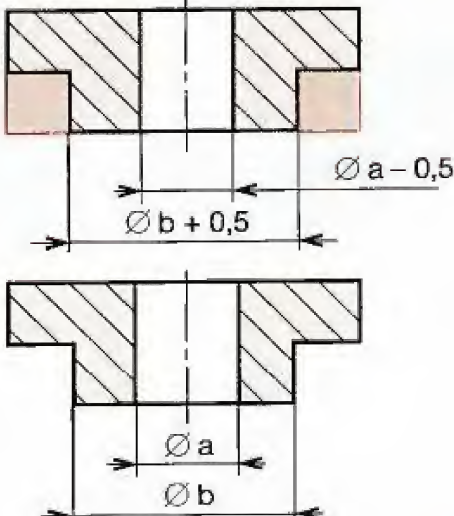

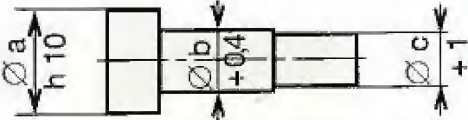
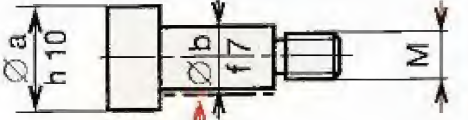
Formule valable pour une fabrication unitaire.



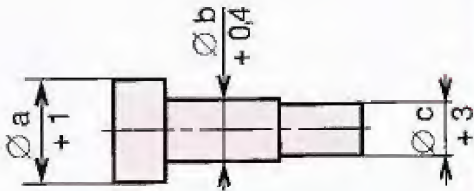
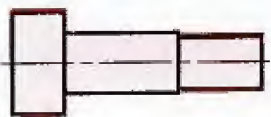
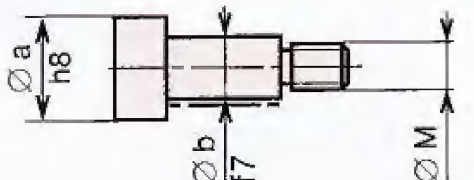
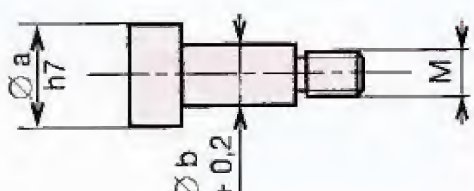
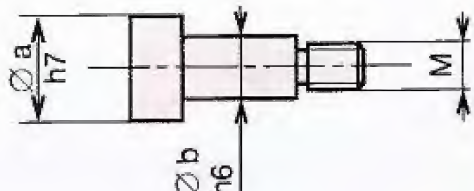
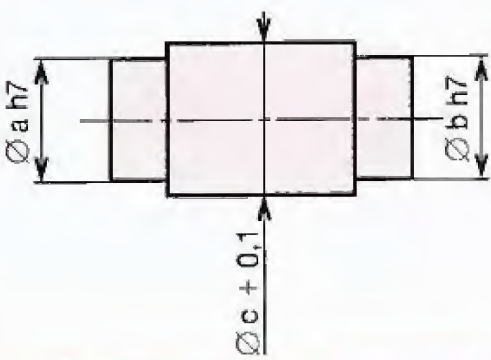
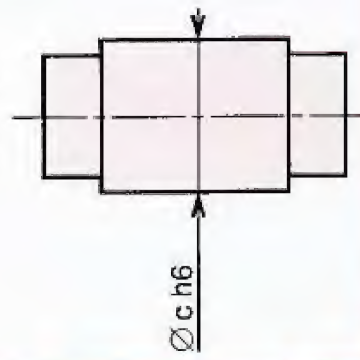


EXEMPLES	APPLICATIONS
<p><b>Pièces rigides</b></p> <p>La pièce étant suffisamment rigide, on peut faire, après une passe d'ébauche, directement la ou les passes de finition.</p> <p>1° Ébauche suivie de la finition pour toutes les surfaces.</p> <p>2° Terminer par les surfaces fragiles (filetages).</p>	
<p><b>Pièces à fortes surépaisseurs</b></p> <p>L'enlèvement de fortes surépaisseurs modifie l'équilibre des tensions internes d'une pièce. Il en résulte, après l'usinage, une déformation de la pièce.</p> <p>1° Ébaucher (2 mm environ de surépaisseur).</p> <p>2° Effectuer un traitement de stabilisation.</p> <p>3° Finition.</p>	
<p><b>Pièces semi-rigides</b></p> <p>La difficulté essentielle est de ne pas déformer la pièce sous l'action des efforts de maintien ou des efforts de coupe.</p> <p>1° Choisir judicieusement les zones d'appui.</p> <p>2° Serrer directement à l'opposé des zones d'appui.</p> <p>3° Limiter l'intensité du serrage.</p> <p>4° Réduire les efforts de coupe.</p>	
<p><b>Pièces déformables</b></p> <p>Sous l'action des efforts de coupe, la pièce a tendance à vibrer.</p> <p>1° Immobiliser la partie flexible.</p> <p>2° Utiliser un ou plusieurs appuis complémentaires.</p> <p>3° Réduire les efforts de coupe.</p>	

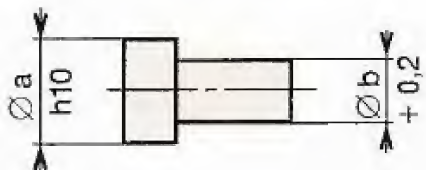
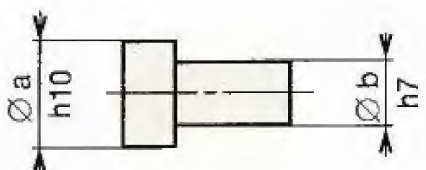
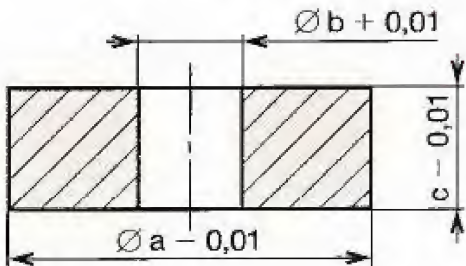
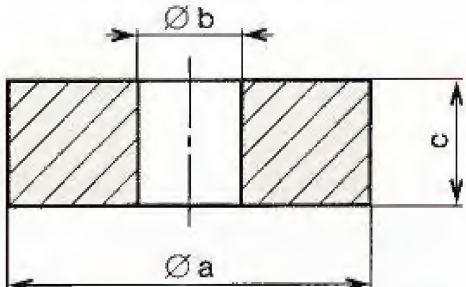


EXEMPLES	APPLICATIONS
<p><b>Pièces trempées <math>R \leq 1\,000\text{ MPa}^*</math></b></p> <p>À partir d'une résistance à la rupture par extension de <math>800\text{ MPa}</math>, il est préférable d'utiliser des outils en carbure.</p> <p>1° Ébauche des surfaces précises (surépaisseur <math>\approx 2</math>), et finition éventuelle des surfaces peu précises.</p> <p>2° Trempe et revenu.**</p> <p>3° Demi-finition et finition possibles avec des outils en carbure.</p> <p>* <math>100\text{ daN/mm}^2</math>.</p> <p>** Si l'on utilise des aciers prétraités on évite cette opération en cours de processus.</p>	<p><b>Ébauche – Trempe – Finition</b></p> 
<p><b>Pièces trempées <math>R &gt; 1\,000\text{ MPa}^*</math></b></p> <p>Compte tenu de la résistance à la rupture par extension, il est préférable d'effectuer la finition des surfaces précises par rectification.</p> <p>1° Ébauche des surfaces précises et finition éventuelle des surfaces peu précises (<math>IT &gt; 9</math>).</p> <p>2° Trempe et revenu.</p> <p>3° Finition par rectification.</p> <p>* <math>100\text{ daN/mm}^2</math>.</p>	<p><b>1/2 finition – Trempe – Finition</b></p> 
<p><b>Pièces cémentées avec réserves par surépaisseur</b></p> <p>Sur les surfaces non traitées, on laisse des surépaisseurs plus fortes que l'épaisseur de cémentation.</p> <p>1° Ébauche des surfaces non traitées, ébauche et demi-finition des surfaces traitées.</p> <p>2° Cémentation.</p> <p>3° Demi-finition des surfaces non traitées précises et finition des surfaces traitées peu précises (<math>IT &gt; 9</math>).</p> <p>4° Trempe et revenu.</p> <p>5° Finition, à l'outil de coupe, des surfaces non traitées précises et exécution des filetages.</p> <p>6° Rectification des surfaces traitées et des surfaces très précises.</p>	<p><b>Avant cémentation</b></p>  <p><b>Après cémentation et avant trempe</b></p>  <p><b>Après trempe et finitions</b></p>  <p>Partie cémentée et trempée</p>



EXEMPLES	APPLICATIONS
<p><b>Pièces cémentées avec réserves par dépôts</b></p> <p>Les surfaces non traitées sont couvertes par dépôt protecteur.</p> <p>1° Ébauche des surfaces non traitées, demi-finition des surfaces précises et finition des surfaces peu précises (<math>IT &gt; 9</math>).</p> <p>2° Protection des surfaces non traitées par cuivrage dans le cas d'une cémentation solide ou par chromage dans le cas d'une cémentation liquide.</p> <p>3° Cémentation.</p> <p>4° Trempe et revenu.</p> <p>5° Finition, à l'outil de coupe, des surfaces non traitées précises et exécution des filetages.</p> <p>6° Rectification des surfaces traitées et des surfaces très précises.</p>	<p><b>Avant protection</b></p>  <p><b>Protection</b></p>  <p><b>Après trempe et finitions</b></p> 
<p><b>Nitruration</b></p> <p>Ce traitement permet de durcir les surfaces d'une pièce sans procéder à une trempe.</p> <p>Les déformations sont très faibles.</p> <p>Réserves éventuelles de protection par dépôt d'étain.</p> <p>1° Ébauche et finition des surfaces de qualité <math>\geq IT7</math>, ébauche et demi-finition des surfaces plus précises.</p> <p>2° Nitruration.</p> <p>3° Finition par rectification ou rodage des surfaces de qualité <math>&lt; IT7</math>.</p>	<p><b>Avant nitruration</b></p>  <p><b>Après nitruration et finitions</b></p> 
<p><b>Pièces trempées par induction</b></p> <p>La pièce est chauffée puis refroidie dans un temps très court.</p> <p>Les déformations sont très faibles.</p> <p>1° Ébauche et finition des surfaces de qualité <math>\geq IT6</math>, ébauche et demi-finition des surfaces plus précises.</p> <p>2° Trempe et revenu.</p> <p>3° Finition par rectification ou rodage des surfaces de qualité <math>&lt; IT6</math>.</p>	<p><b>1/2 finition et finition</b></p>  <p><b>Trempe</b></p> <p><b>Finition</b></p> 



<b>Carbonitruration</b>		<b>Avant carbonitruration</b>		
Gamme analogue à celle de la cémentation. Profondeur de la couche carburée : 0,7 max. Réserves de protection par dépôt de cuivre. Surépaisseur avant rectification : 0,1 env. Finition possible, avant carbonitruration des surfaces de qualité > IT 9.				
<b>Cyanuration</b>		<b>Après carbonitruration, trempe et finitions</b>		
Gamme analogue à celle de la cémentation. Réserves de protection par dépôt de chrome.				
<b>Sulfinition</b>		<b>Avant sulfinition</b>		
Traitement pour pièces travaillant au frottement. Il ne provoque pratiquement qu'un léger gonflement des pièces.				
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Si la surface reste brute de traitement, on prévoit, dans le calcul des cotes de fabrication, un gonflement de 0,01 environ.</li><li>■ S'il est nécessaire d'effectuer une rectification après traitement, on prévoit une surépaisseur de 0,03.</li><li>■ L'épaisseur de la couche sulfinée est de 0,3 environ.</li></ul>		<b>Après sulfinition</b>		
				

SURÉPAISSEURS D'USINAGE POUR PIÈCES PRISES « DANS LA MASSE »	État avant façonnage	Façonnage		Surépaisseur
	Pièce brute de laminage ou forgeage	À l'outil de coupe	-	2 à 3 mm
La surépaisseur augmente avec les dimensions des pièces. Ce tableau donne un ordre de grandeur des surépaisseurs d'usinage pour des pièces de dimensions inférieures à 250 mm.	Surface usinée à l'outil de coupe	À l'outil de coupe	-	0,5 environ
		Rectification ordinaire	plane	0,3 (constante)
	Surface usinée à l'outil de coupe ou par rectification		Rectification ordinaire	cylindrique
		carbure		0,2 à 0,5
		Rectification fine	diamant	0,02 environ
			-	-
		Brunissage-Galetage	-	0,01 à 0,05



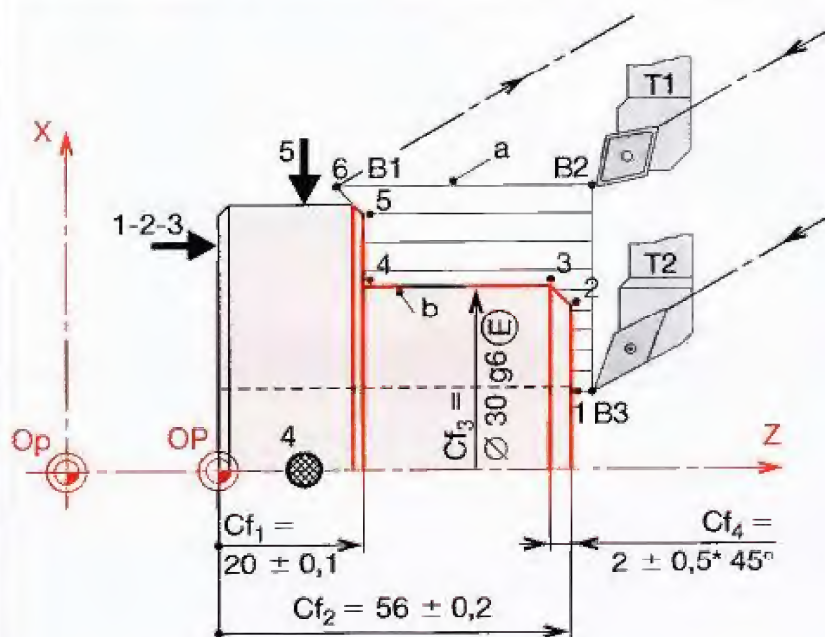
## UTILISATION DE LA SYMBOLISATION

On utilise la symbolisation géométrique du chapitre 3 pour les contrats de phase prévisionnels et la symbolisation technologique du chapitre 4 pour les contrats de phase définitifs.

Le contrat de phase est établi par le bureau des méthodes, c'est un document évolutif. Les contrats de phase prévisionnels servent à mettre au point le processus opérationnel de la phase considérée. Lorsque le poste d'usinage est stabilisé, on établit le contrat de phase en tenant compte des essais préalables.

## 9.1 EXEMPLE (autres exemples chapitres 34-39-42-48-50-52)

PHASE : 200		S/PH : 220	CONTRAT DE PHASE TOURNAGE						NOM : _____	
ENSEMBLE : Monture équatoriale									DATE : _____	
PIÈCE : Guide			MACHINE : TOUR CN NUM 750						N° PROG : % 2001	
MATIÈRE : C 35			PORTE-PIÈCE : Mors doux épaulés						N° DOC : FAB – ME 09	
NOMBRE : 50			BRUT : S/PH 210						ATELIER : UF 1	
Opérations d'usinage			Éléments de coupe			Éléments de passe			Outillage	
N°	Rep.	Désignation	V <sub>c</sub>	f	n	α <sub>p</sub>	n <sub>p</sub>	Lub	Fabrication	Vérification
221	T1	Ébauche a	280	0,4	–	2	–	oui	PCLNL16 16 H 12	Calibre à coulisse
222	T2	Finition b	440	0,1	–	0,4	1	oui	CNMM 12 04 08 PR	Micromètre 25-50
		Cf <sub>1</sub> = 20 ± 0,1							PDJNL 16 16 H 11	
		Cf <sub>2</sub> = 56 ± 0,2							DNMG 11 04 04 PF	
		Cf <sub>3</sub> = Ø 30g6 E								Bague pour Ø 30 g6



R<sub>a</sub> 1,6

a : Cycle d'ébauche

b : Cycle de finition

Chanfrein non coté = 1 × 45°

Tolérances générales ISO 2768 mK.



## COMMENTAIRES 9.2

### ■ Informations relatives à la phase

- Mode d'usinage (tournage, fraisage, etc.)
- Numéro de phase, de sous-phase, et d'opération.
- Type de machine utilisée.
- Nature du porte-pièce.

**Phase :** ensemble d'opérations réalisées à un poste de travail.

**Sous phase :** ensemble d'opérations réalisées à un poste de travail sans changement de mise en position de la pièce.

**Opération :** travail réalisé sans changement d'outil ou de réglage.

### ■ Informations relatives à la pièce

- Nom de l'ensemble et de la pièce.
- Nombre de pièces fabriquées et cadence.
- Matière.
- État du brut (laminé, phase antérieure, etc.)

### ■ Dessin de la pièce

- Dessin de la pièce dans l'état où elle se trouve à la fin de la phase.
- Surfaces usinées représentées en traits forts (ou en rouge).
- Normales de repérage.
- Référentiel de cotation : O, X, Z ou O, X, Y.
- Tolérances géométriques et états de surfaces.
- Dessin de l'outil et cycle d'usinage.

### ■ Conditions de coupe

Voir chapitre 24.

### ■ Outillage de coupe

- Outil (type, nature, rayon de bec, nombre de dents).
- Porte-outil (attachement, réduction, etc.).

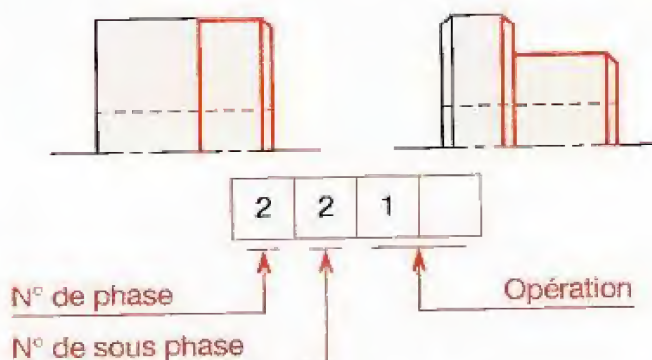
### ■ Outillage de contrôle

- Désignation et caractéristiques des instruments utilisés.
- Voir chapitres 73 à 77.

## Numérotation

PHASE 210

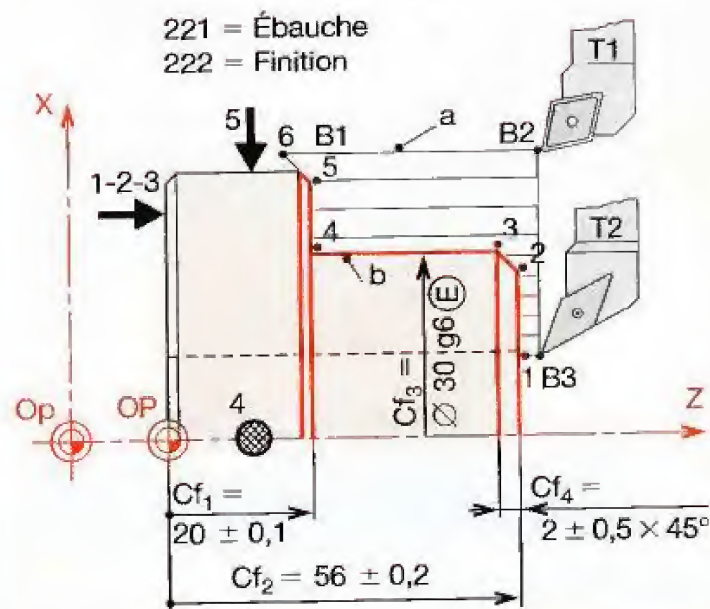
PHASE 220



## Réalisation

221 = Ébauche

222 = Finition



## ELEMENTS DE COUPE ET DE PASSE

V <sub>c</sub>	f	n	a <sub>p</sub>	n <sub>p</sub>
280	0,4	-	2	-
440	0,1	-	0,4	1

## Outillage de coupe



PCLNL 16 16 H 12  
CNMM 12 04 08 PR

Fraise cylindrique 2 tailles  
entraînement par tenons Ø 63



## 10.1 APPUIS PONCTUELS

### Surfaces brutes

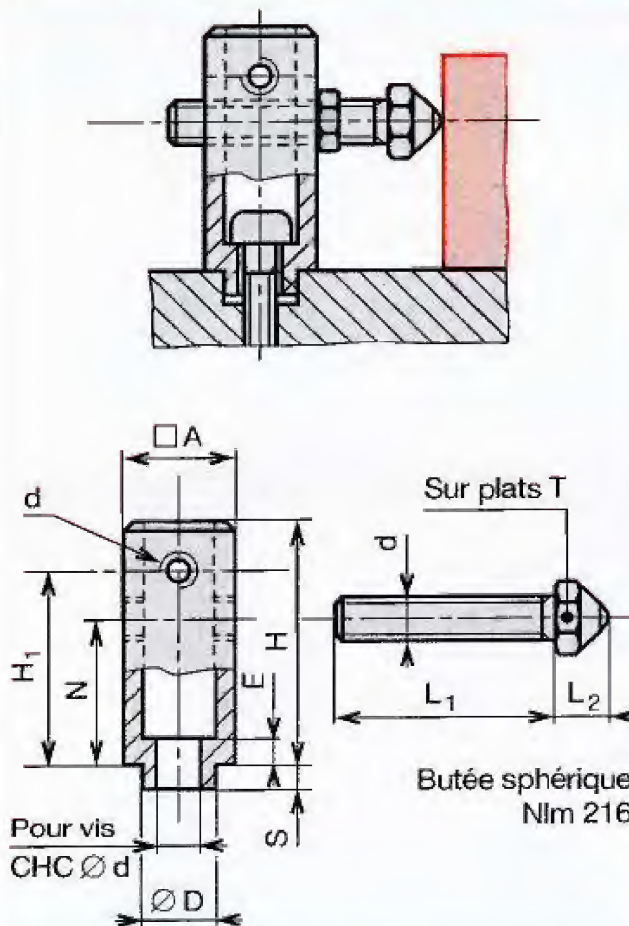
Les touches d'appui sont en principe sphériques, quelquefois plates et striées. La pièce, lors du serrage, prend sa place avec la formation de petites empreintes.

### Surfaces usinées

■ Les touches d'appui sont en principe planes. On évite ainsi de marquer la pièce lors du serrage. Il faut toutefois veiller à ce que la pression de contact soit nettement inférieure à la limite élastique du matériau de la pièce.

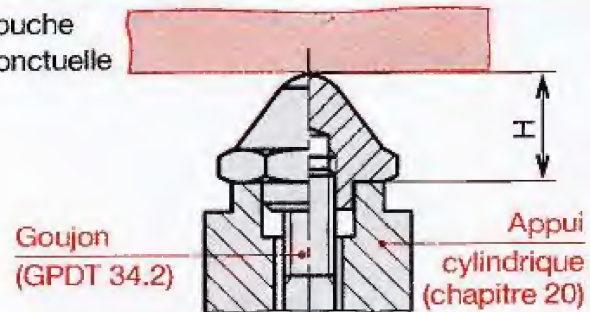
■ Si l'aire de la surface de contact est relativement importante par rapport à la surface de la pièce, l'action de la touche n'est plus comparable à une liaison ponctuelle. On peut remédier à cet inconvénient en utilisant une touche oscillante ou un pied à rotule.

### Support butée position NF E 62-335

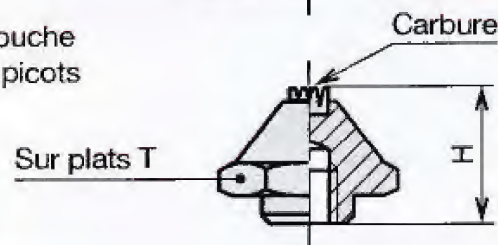


### Têtes d'appui NF E 62-335

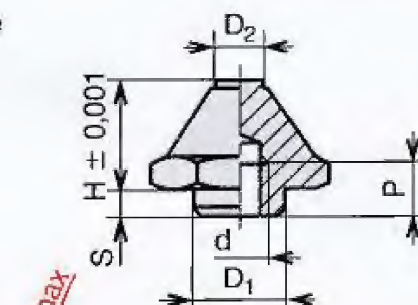
#### Touche ponctuelle



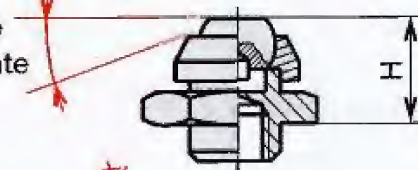
#### Touche à picots



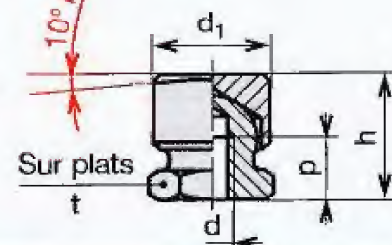
#### Touche plane



#### Touche oscillante



#### Pied à rotule Nlm 211



d	d1	h	p	t	d	D1	D2	H	P	S	T
M 6	13	17	8,5	10	M 6	12	7	12,5	6	3,5	17
M 8	16	21	9	13	M 6	12	7	12,5	6	3,5	17
M 10	20	23	10	17	M 10	18	10	20	10	5	24
M 12	22	25	12	19	M 10	18	10	20	10	5	24
M 16	25	32	14	24	M 10	18	17	20	10	5	24



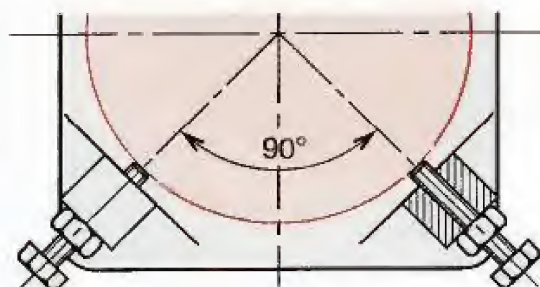
## 10.2 APPUIS LINÉAIRES

Un appui linéaire élimine deux degrés de liberté. En fonction des pressions admissibles on peut choisir :

- soit deux contacts ponctuels,
- soit deux touches planes.

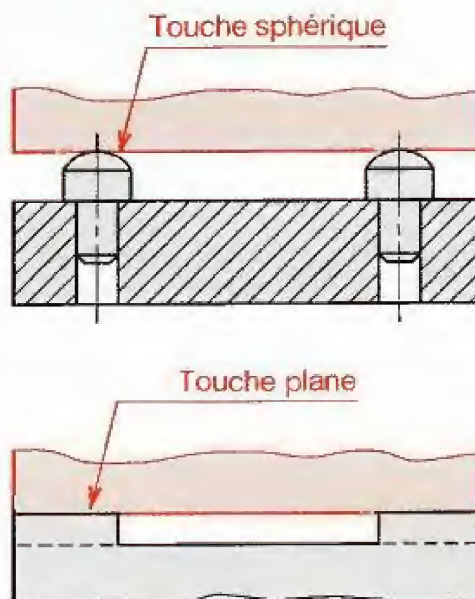
### Appui linéaire réglage

Liaison sphère-cylindre  
(linéaire annulaire)



### Appui linéaire fixe

Liaison linéaire rectiligne



## 10.3 APPUIS PLANS

Un appui plan élimine trois degrés de liberté. En fonction des pressions de contact admissibles, on peut choisir :

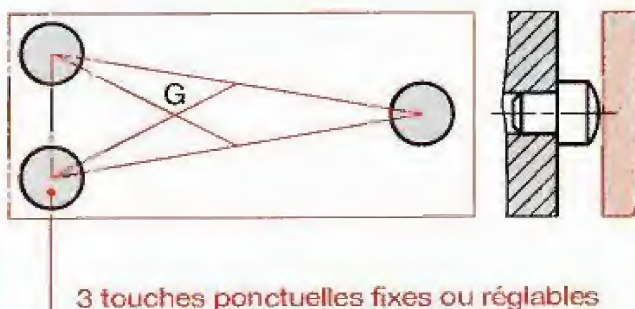
- soit trois contacts ponctuels, aussi distants que possible ;
- soit une surface plane dont on ne conservera que trois portées ;
- soit une surface plane avec un évidement dans sa partie centrale ;
- soit une surface plane continue, on précise dans ce cas, que seule une surface non convexe est admise. On obtiendra ainsi :
  - soit une surface plane,
  - soit une surface concave.

Cette spécification de forme restrictive assure donc, dans tous les cas, une portée correcte de la pièce à usiner sur son appui.

### REMARQUES

- Pour une bonne stabilité d'un appui plan à trois contacts, on recherche que la résultante des forces élémentaires de contact soit sensiblement confondue avec le centre de gravité  $G$  du triangle de sustentation ( $G$  est à l'intersection des médianes).
- Entre deux surfaces planes de haute précision, il est relativement difficile de chasser l'air et d'assurer une portée parfaite. On peut remédier à cet inconvénient en rainurant la surface concernée du montage.

### Touches ponctuelles



3 touches ponctuelles fixes ou réglables

### Touches planes



3 touches planes fixes ou rapportées



## Montage entre-pointes

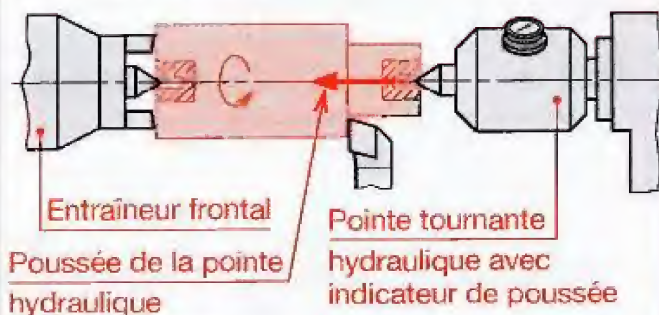
- La mise en position est assurée par deux points qui se logent dans les centres de la pièce (§ 36.2).
- Le montage entre-pointes assure à la pièce une mise en position précise à chaque phase d'usinage ou de contrôle.
- Si la poussée axiale de l'outil sur la pièce est celle de la figure 1 ou de la figure 2, la pointe de la poupée fixe élimine trois degrés de liberté et la pointe de la contrepointe élimine deux degrés de liberté (§ 3.4 et chapitre 4).

## Montage mixte

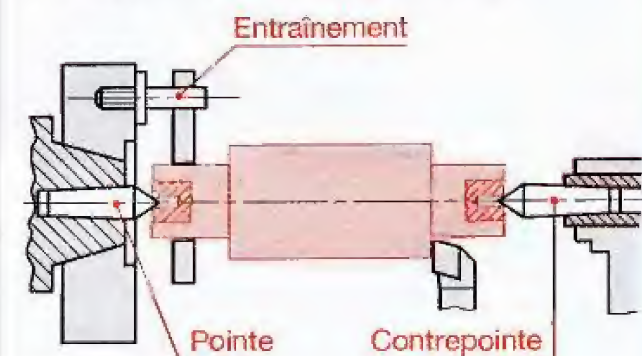


La pièce déjà tenue en l'air à une extrémité par un mandrin, ou par une pince, est soutenue à l'autre extrémité par une pointe qui se loge dans un centre de la pièce.

## ① Entraîneur frontal

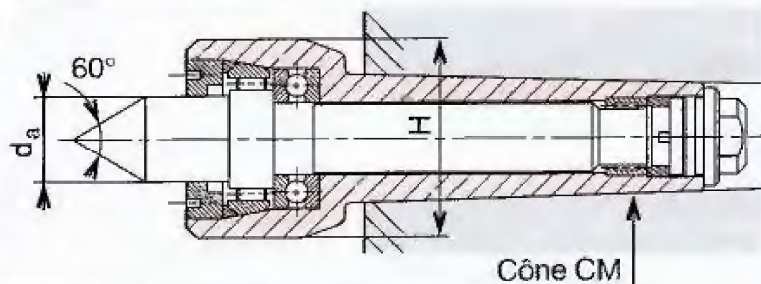


## ② Entraîneur toc et plateau pousse-toc



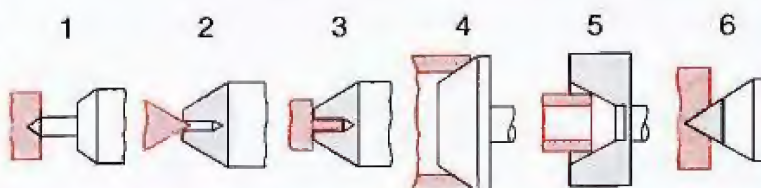
## POINTES TOURNANTES - SÉRIE CM

CM	1	2	3	4	5
$d_a$	10	18	22	25	30
$A_1$	31	44	50	53	60
$A_2$	20	26	28	36	40
H	29	40	50	55	68
$m^*$	120	300	650	1 300	2 200
$n^{**}$	5 000	4 000	3 500	3 000	2 500



## POINTES SPÉCIALES POUR POINTES À AXE CREUX

1	Pointe dégagée
2	Pointe avec centre pour pièce à extrémité conique
3	Pointe creuse pour pièce à téton cylindrique
4	Pointe pour embout creux, centrage intérieur
5	Pointe pour embout creux, centrage extérieur
6	Pointe avec extrémité rapportée en carbure



\* Masse maximale de la pièce à usiner en kg.

\*\* Fréquence de rotation maximale en tr/min.



Les mandrins de tour permettent la prise de pièce par une seule extrémité. On dit que le « montage est en l'air ». Les mors en contact avec la pièce assurent à la fois la mise en position et le maintien de la pièce (§ 3.41). Les mandrins usuels sont à trois ou quatre mors. Suivant le type de mandrin, le déplacement des mors est à serrage concentrique ou à serrage indépendant.

## Prise de pièce en mors durs

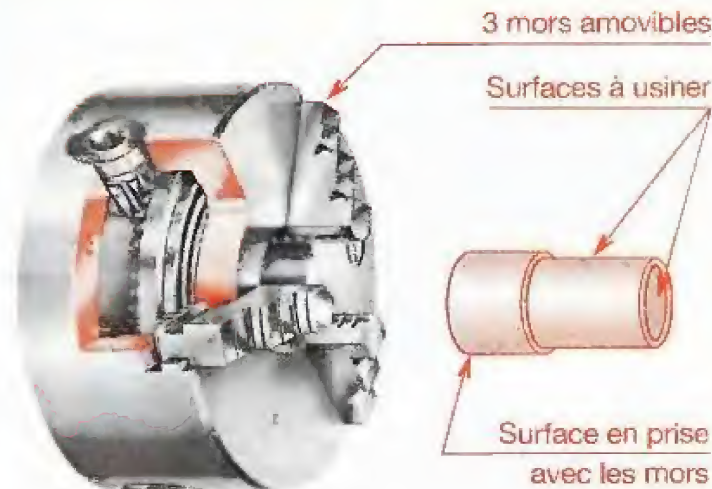
■ Les mors laissent un marquage sur la surface en prise.

■ La coaxialité entre la surface en prise et la surface usinée est de l'ordre de 0,1 à 0,3.

## Prise en pièce en mors doux\*

■ Les mors, usinés au diamètre de la surface en prise, ne laissent pratiquement aucun marquage.

■ La coaxialité entre la surface en prise et la surface usinées est de l'ordre de 0,02 à 0,05.



**Mors durs à l'endroit**

**Mors durs à l'envers**

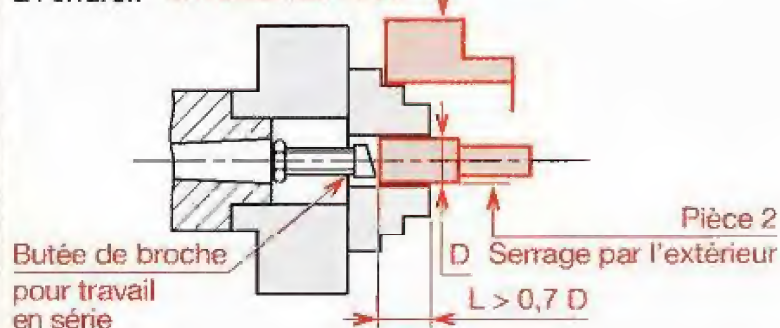
**Mors doux usinables**



Clôtures Rohm

## EXEMPLES D'UTILISATION

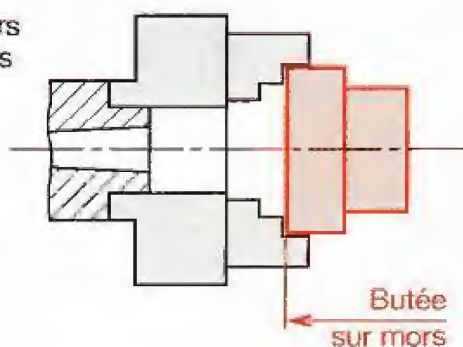
**Mors durs à l'endroit** **Pièce 1 – Serrage par l'intérieur en butée sur mors**



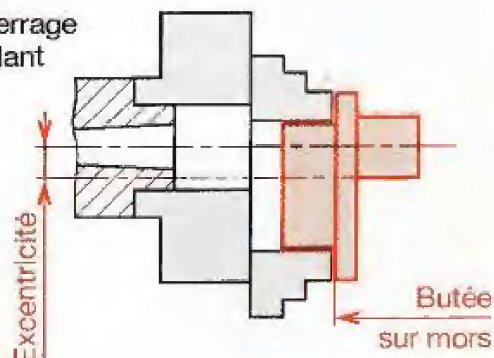
**Pièce 3 – Serrage par l'extérieur en butée sur mors**



**Mors durs à l'envers**



**Mors à serrage indépendant**



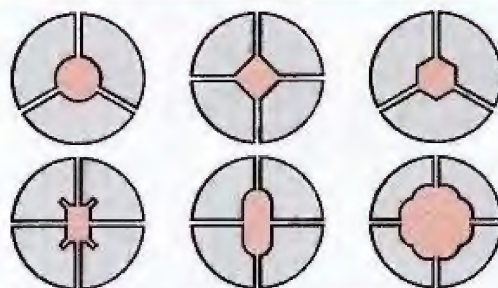


Les pinces de serrage assurent, à la fois, la mise en position radiale et le maintien des pièces.

Ces pinces assurent une bonne coaxialité de la prise de pièce avec l'axe de la broche. Elles présentent toutefois l'inconvénient, lors du serrage, d'entraîner la pièce dans un déplacement axial relativement important.

Les pinces biconiques se distinguent par une bonne répartition du serrage sur la surface à maintenir. En particulier, le serrage est assuré dans la zone la plus proche de l'outil.

## Exemples de sections



## PINCE TIRÉE W

A	15	20	25	E	3	4	5
B	58	73	97,6	F	13,8	18,5	23
C	15	17	25	d min	0,5	0,5	0,5
D	20,2	26,3	33,7	d max	10,7	14,5	19

## PINCE BICONIQUE E

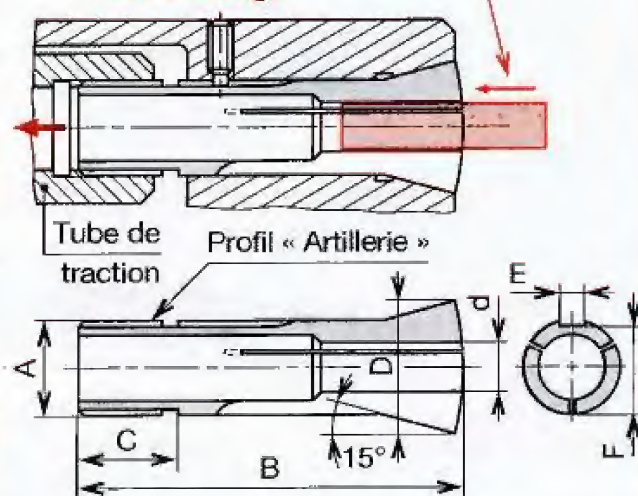
A	16	20	25	32	40
B	27	31	35	40	46
d	0,5 à 8	1 à 12	1 à 16	2 à 20	4 à 26
l	21,4	24,2	27	30,8	34,4

## PINCE BICONIQUE ES

A	12	17	21	26	33	41
B	18	27	31	35	40	46
d	0,5 à 7	0,5 à 9	0,5 à 12	0,5 à 16	2 à 20	3 à 26
l	14,5	21	24	27	31	35

## Pince tirée W

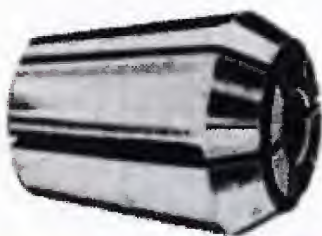
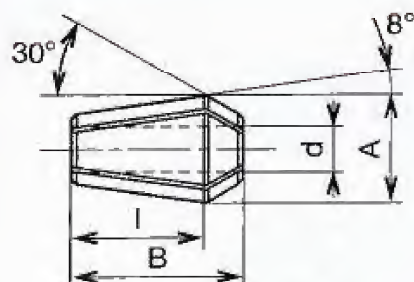
Déplacement axial de la pièce lors du serrage



Défaut global de coaxialité : 0,02 max.  
Plage de serrage : 0,5

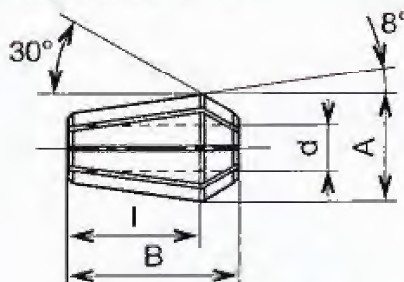
## Pince biconique E

Plage de serrage : 0,2



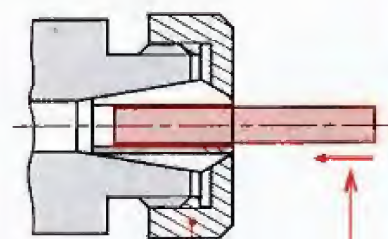
## Pince biconique ES

Plages de serrage :  
0,5 jusqu'à d = 3  
1 à partir de d = 4



## Exemple d'application

Défaut global de coaxialité : 0,01 max.



Écrou de serrage

Déplacement axial de la pièce lors du serrage



Les étaux sont un moyen usuel de prise de pièce. On distingue les étaux à commande manuelle, à commande hydraulique et à commande oléopneumatique.

## EXEMPLE DE MORS SPÉCIAUX

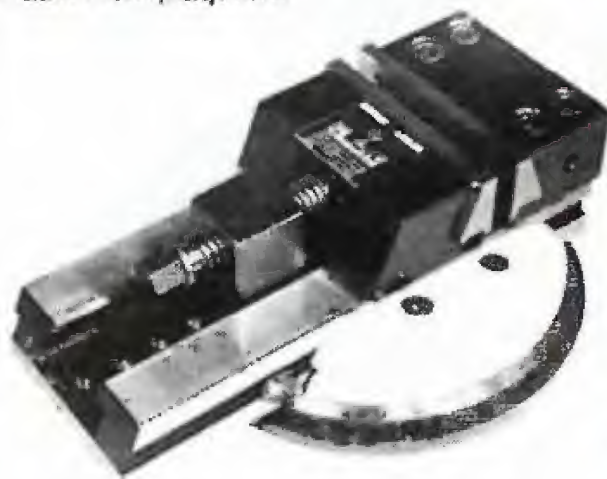
Figures 1 à 4 : si le mors mobile a tendance à soulever la pièce de son appui, on remédie à cet inconvénient en concevant des mors spéciaux en fonction des tolérances à respecter.

Figures 5 et 6 : augmentation de la capacité de serrage en longueur et en hauteur.

Figure 7 : la poussée du mors mobile doit appliquer la pièce sur ses appuis.

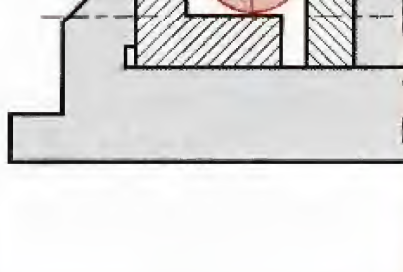
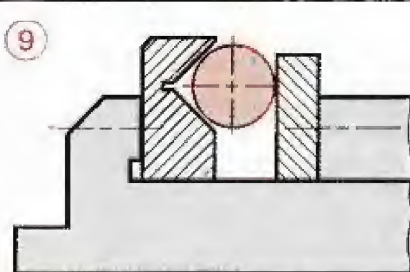
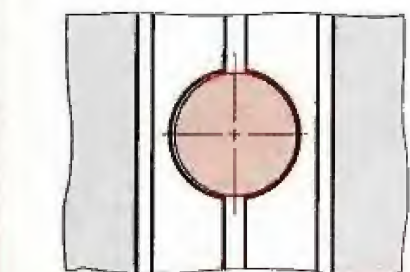
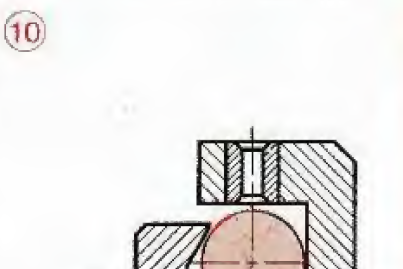
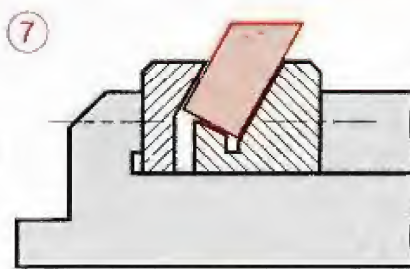
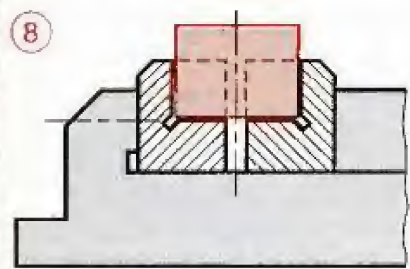
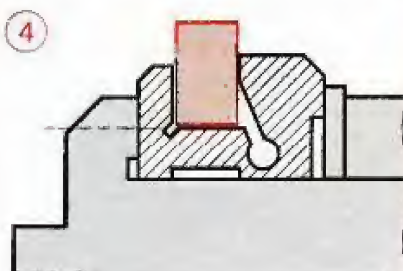
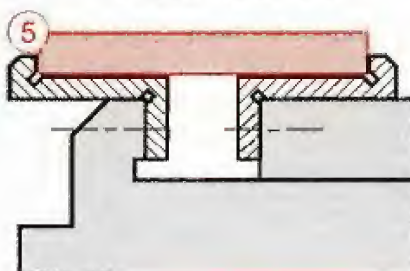
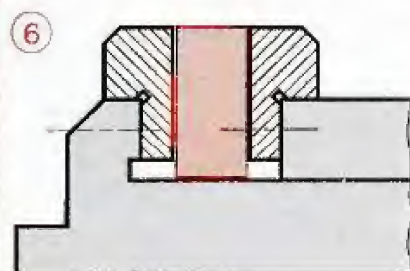
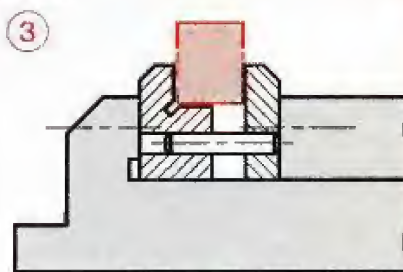
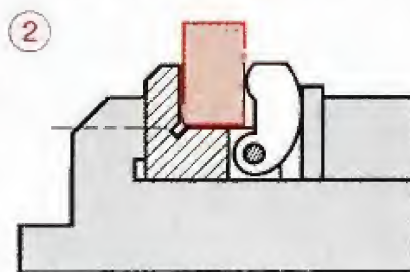
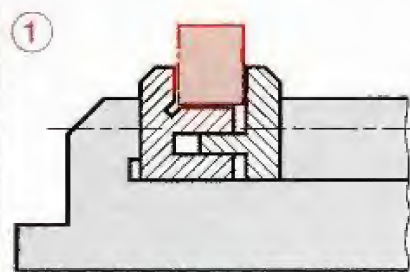
Figures 8 à 10 : prises de pièces cylindriques.

Étau à mors plaqueurs

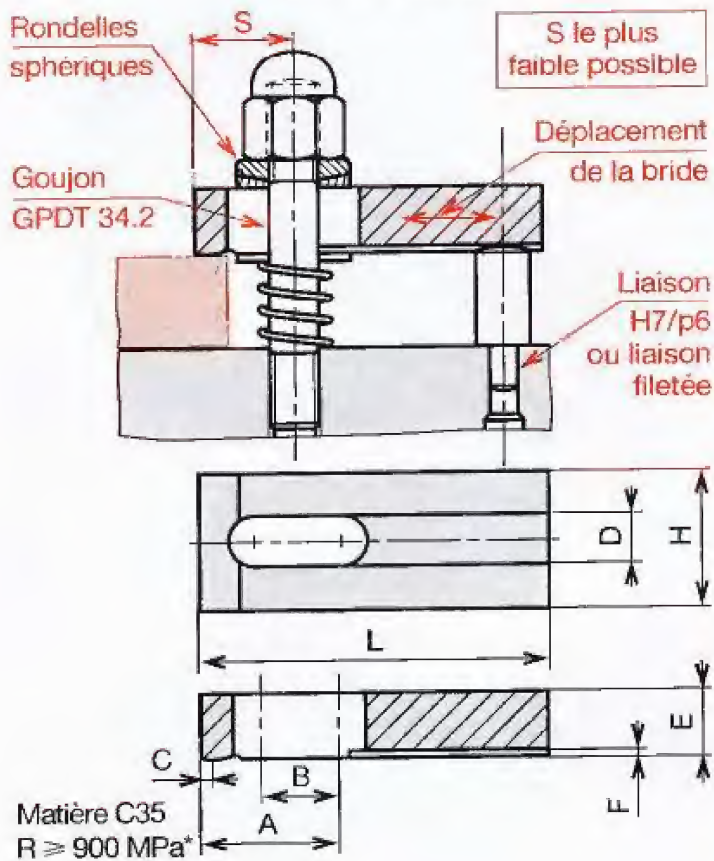
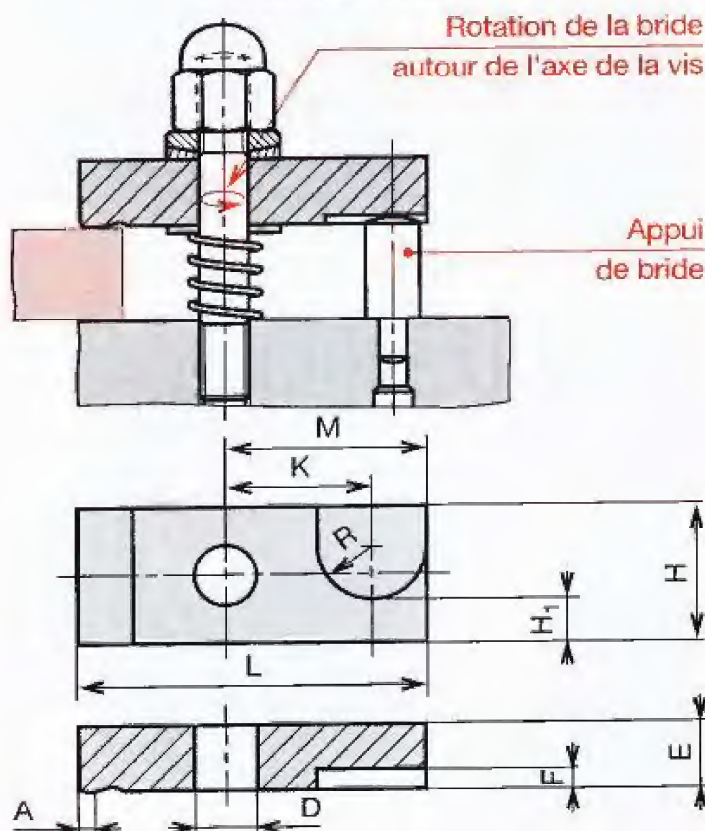


Cliché Sagor.

## EXEMPLES DE MORS SPÉCIAUX





**Bride coulissante****Bride pivotante**

\* MPa = Mégapascal (GPDT 56).

\*\* Valeurs de  $\bar{A}$  voir GPDT chapitre 38.

Les brides sont des dispositifs de maintien très utilisés. Comme pour un levier simple, on distingue :

- les brides inter-effort ;
- les brides inter-appui ;
- les brides inter-serrage.

**15.1 BRIDES INTER-EFFORT**

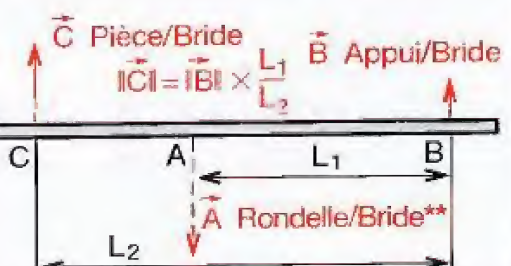
Dans les brides droites usuelles, on distingue essentiellement les brides coulissantes et les brides pivotantes.

**BRIDE COULISSANTE**

L	H	E	A	B	C	D	F
50	20	12	22	12	2	9	4
80	20	12	37	21	2	9	4
63	25	16	28	16	2,5	11	4,5
100	25	16	46	26	2,5	11	4,5
80	32	20	35	20	3	14	5
125	32	20	58	33	3	14	5
100	40	25	44	25	4	16	6
160	40	30	74	42	4	16	6
160	50	30	73	42	5	18	6

**BRIDE PIVOTANTE**

L	H	H <sub>1</sub>	E	D	M	K	R	A	F
40	16	4	10	7	23	18	8	1,6	3
50	20	5	12	9	28	22	10	2	4
63	25	6,5	16	11	35	27	12	2,5	4
80	32	9	20	14	45	35	14	3	5
100	40	12	25	16	56	44	16	4	6
125	50	16	30	18	70	54	18	5	6

**DÉTERMINATION DE LA FORCE DE SERRAGE**

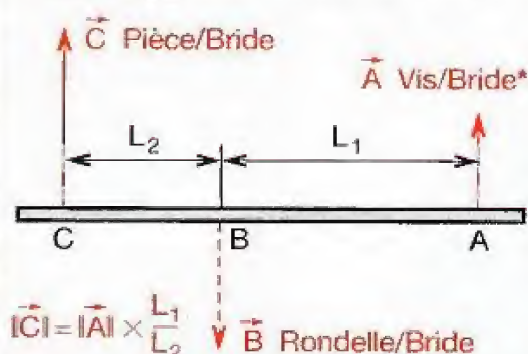


## BRIDES INTER-APPUI 15.2

Dans les brides droites usuelles, on utilise essentiellement les brides coulissantes.

L	A	A <sub>1</sub>	B	C	D	E	H
50	22	1,6	12	23	7	10	16
63	28	2	16	29	9	12	20
80	36	2,5	20	36	11	16	25
100	45	3	25	45	14	20	32
125	57	4	32	56	16	25	40
160	72	5	40	72	18	30	50

### DÉTERMINATION DE LA FORCE DE SERRAGE

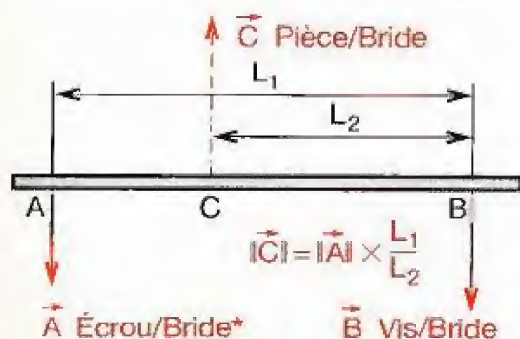


## BRIDES INTER-SERRAGE 15.3

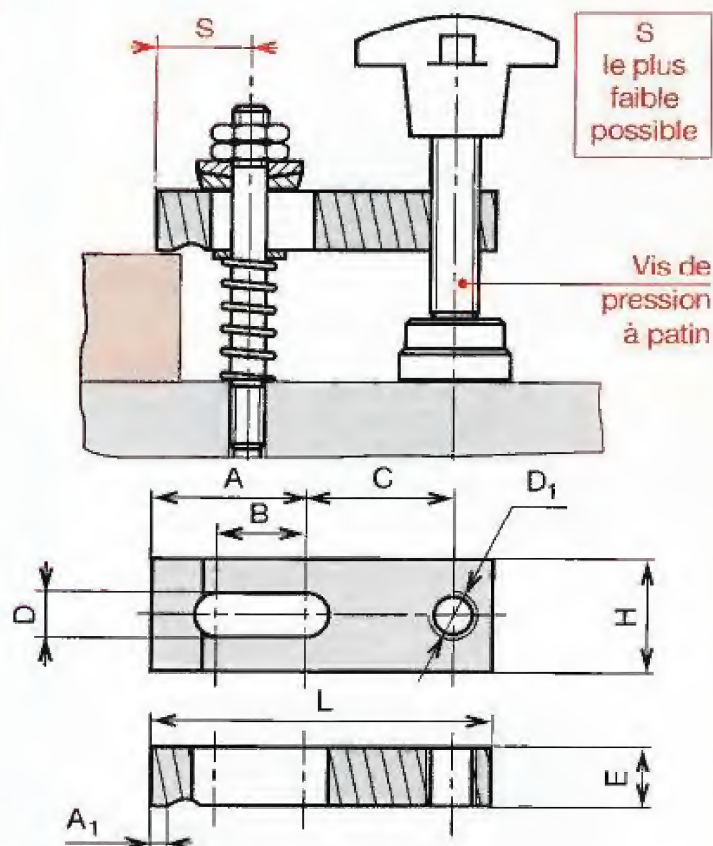
Dans les brides droites usuelles, on utilise essentiellement les brides articulées.

L	H	E	K	D	N	P	L <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	J
100	25	16	8	8	19	9,5	85	9	8	10
125	32	20	10	10	22	12,5	105	11	10	14
160	40	25	12	12	27	14,5	138	14	12,5	15

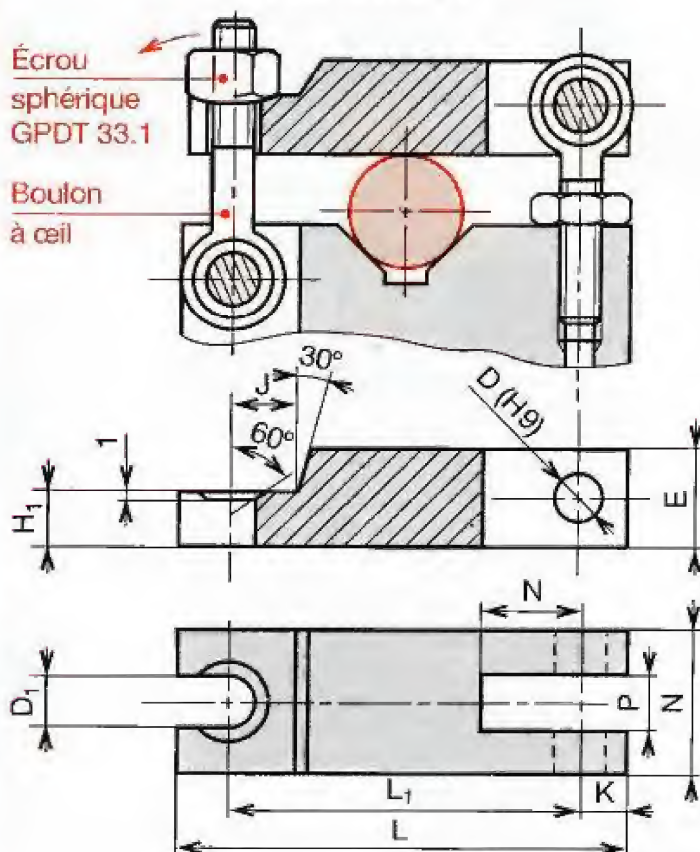
### DÉTERMINATION DE LA FORCE DE SERRAGE



### Bride coulissante à vis



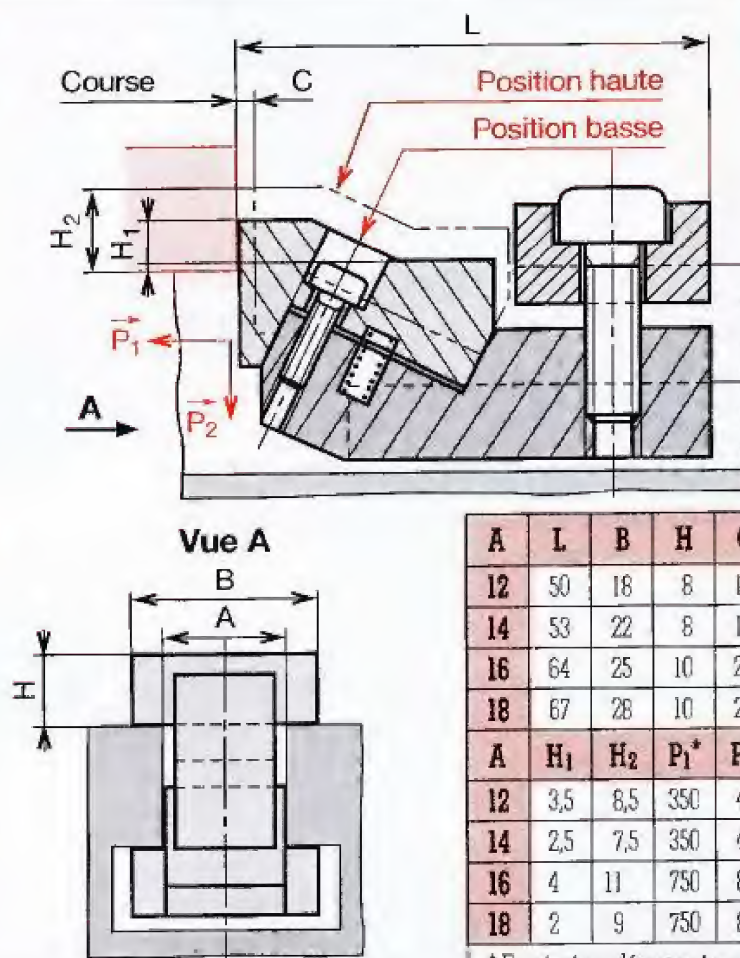
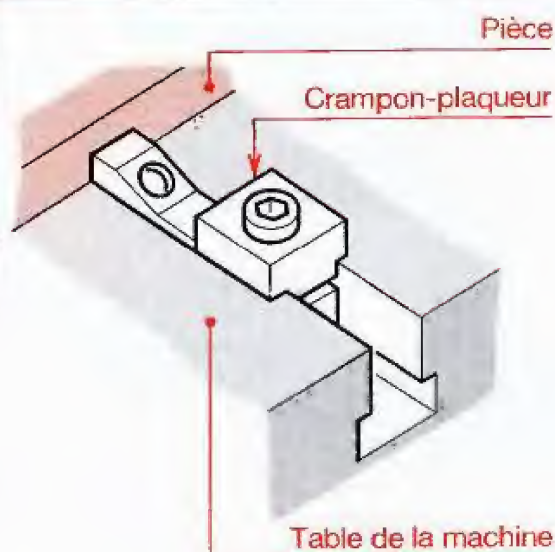
### Bride articulée



\* Valeurs de  $\vec{A}$  voir GPDT chapitre 38.



## 16.1 CRAMPONS POUR TABLES À RAINURES À T

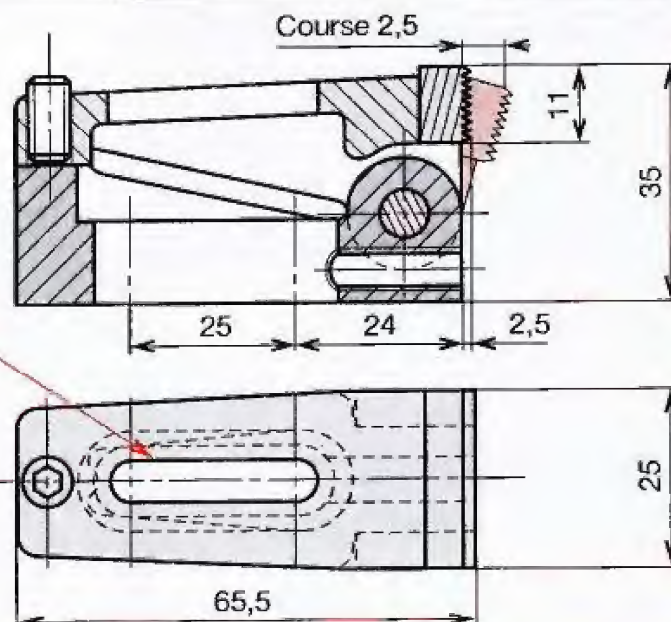
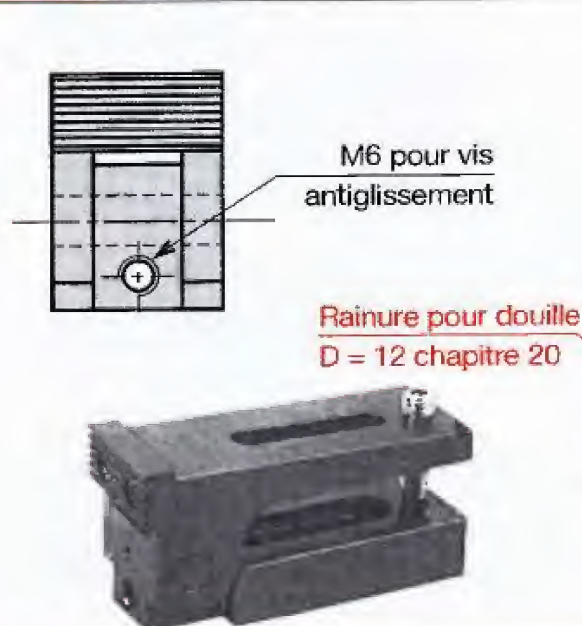


A	L	B	H	C
12	50	18	8	1,8
14	53	22	8	1,8
16	64	25	10	2,5
18	67	28	10	2,5
A	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	P <sub>1</sub> *	P <sub>2</sub> *
12	3,5	8,5	350	40
14	2,5	7,5	350	40
16	4	11	750	80
18	2	9	750	80

\* Exprimé en décaneutons.

## 16.2 CRAMPONS POUR PLAQUES À TROUS

NF E 62-333





## 17.1 GUIDES FIXES

NF E 21-001

Ces guides, ou canons, sont des bagues cylindriques destinées :

- à mettre en position, par rapport à la pièce, un outil de perçage ou d'alésage ;
- à maintenir cette position pendant le travail de l'outil.

d*	D	A	B	d*	D	A	B
1,5 à 1,8	4	6	4	6,1 à 8	12	10	7
1,9 à 2,6	5			8,1 à 10	15	12	8
2,7 à 3,3	6			10,1 à 12	18		
3,4 à 4	7	8	5,5	12,1 à 15	22	16	12
4,1 à 5	8			15,1 à 18	26		
5,1 à 6	10			18,1 à 22	30	20	15

DÉSIGNATION d'une douille de perçage fixe, avec collerette D x A.

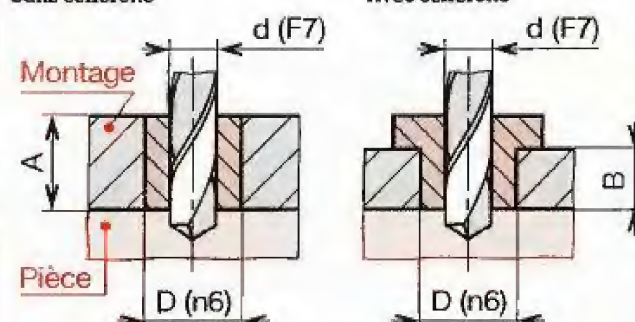
NF E 21-001

\* Par 0,1 mm.



Sans collerette

Avec collerette



Matière : 35CrMo4 HRC ≥ 63

## 17.2 GUIDES AMOVIBLES

NF E 21-002

Ces guides se montent dans des guides fixes. Ils sont utilisés lorsque, sans démontage de la pièce :

- on travaille coaxialement avec des outils de diamètres différents (trous de grand diamètre, perçage-alésage, perçage-lamage) ;
- on taraude le trou ; dans ce cas, il suffit d'enlever le guide amovible, le taraud se guidant dans le perçage.

On utilise habituellement un seul guide que l'on déplace après chaque perçage.

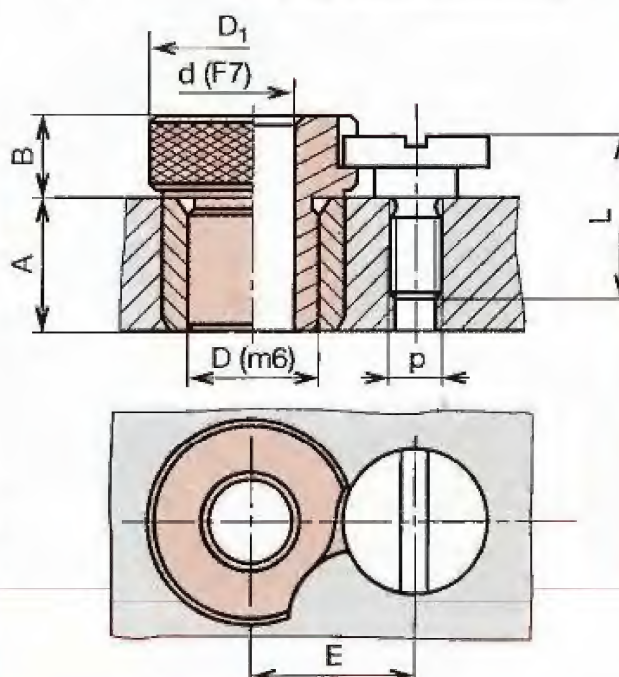
d	D	D <sub>1</sub>	A	B	E	p	L
≤ 4	8	15	10	8	15	M5	18
4 à 6 inclus	10	18	12	8	17		
4 à 8	12	22	12	10	20	M6	22
8 à 10	15	26	16	10	22		
10 à 12	18	30	16	10	24	M8	27
12 à 15	22	34	20	12	28		
15 à 18	26	39	20	12	31		
18 à 22	30	46	25	12	35		

DÉSIGNATIONS

Guide amovible D x A,  
Vis d'arrêt Mp x L,

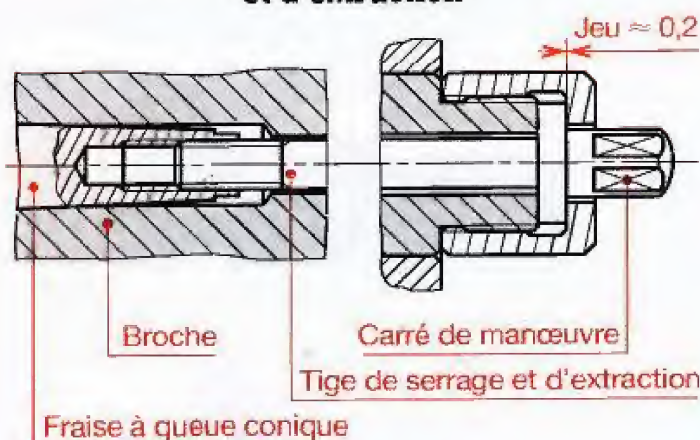
NF E 21-002

NF E 21-003



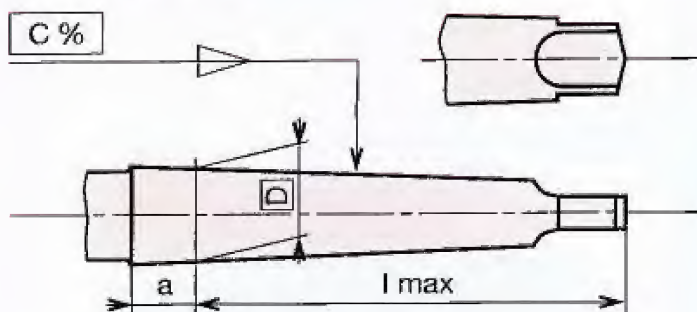


### Exemple de système de maintien et d'extraction

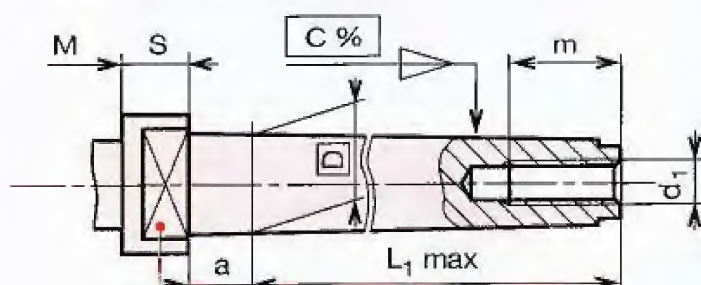


### Cônes Morse - Cônes 5 % Cônes à tenon

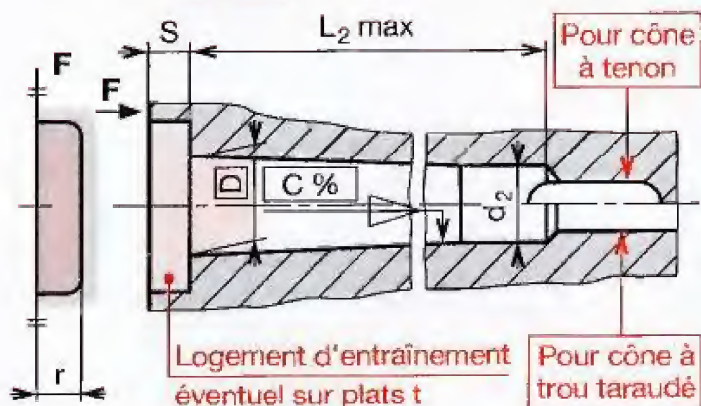
NF E 66-531



### Cônes à trou taraudé



Plats d'entraînement éventuels  
sur plats : t



## 18.1 CÔNES D'EMMANCHEMENT

Ces cônes assurent le centrage des outils dans le nez de broche des machines.

Un cône d'emmanchement est caractérisé par sa conicité.

## 18.2 CÔNES « MORSE » CÔNES 5 %

Ils assurent un centrage de très haute précision. Leur faible conicité procure une adhérence généralement suffisante pour l'entraînement de l'outil. Si nécessaire, un entraînement par deux plats est prévu. Le démontage de l'outil est difficile. Il nécessite un système d'extraction.

### CÔNES MORSE

N°	Cen %	D	$\alpha$	$d_1$	$d_2$	l	$l_1$	$l_2$	m	S	t
0	5,205	9,045	3	-	6,7	56,5	50	52	-	-	-
1	4,988	12,065	3,5	M6	9,7	62	53,5	56	16	-	-
2	4,985	17,780	5	M10	14,9	75	64	67	24	-	-
3	5,020	23,825	5	M12	20,2	94	81	84	28	12	24
4	5,194	31,267	6,5	M16	28,5	117,5	102,5	107	32	15	32
5	5,263	44,399	6,5	M20	38,2	149,5	129,5	135	40	18	45
6	5,214	63,348	8	M24	54,6	210	182	186	50	25	65

### CÔNES 5 % (conicité $c = 5\%$ )

D	4	6	80	100	120	180	200
$\alpha$	2	3	8	10	12	16	20
$d_1$	-	-	M30	M36	M36	M48	M48
$d_2$	3	4,6	71,5	90	108,5	145,5	182,5
l	-	-	220	280	300	380	460
$l_1$	23	32	196	232	288	340	412
$l_2$	25	34	202	240	276	350	424
m	-	-	65	80	80	100	100

EXEMPLE DE DÉSIGNATION d'un cône Morse n° 3 et d'un cône 5 % de diamètre de jauge  $D = 100$  :  
Cône Morse n° 3. Cône 5 %-100



## CÔNES 7/24 18.3

Ces cônes réalisent un centrage un peu moins précis que les cônes Morse.

Leur forte conicité (environ 29,2 %) ne permet pas l'entraînement de l'outil et nécessite l'adjonction de tenons.

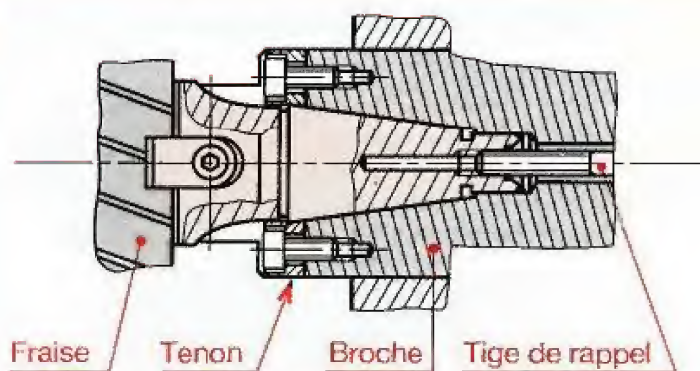
Par contre, le démontage aisé des cônes est très apprécié.

Nez n°	30	40	45	50	55	60
D <sub>1</sub>	31,75	44,45	57,15	69,85	88,90	107,95
d	17,4	25,3	32,4	39,6	50,4	60,2
l	70	95	110	130	168	210
l <sub>1</sub>	48,4	65,4	82,8	101,8	126,8	161,8
l <sub>2</sub>	24	30	38	45	45	58
g	M12	M16	M20	M24	M24	M30
r	16,1	16,1	19,3	25,7	25,7	25,7
t	16,2	22,5	29	35,3	45	60
y	1,6	1,6	3,2	3,2	3,2	3,2

Nez n°	30	40	45	50	55	60
D <sub>1</sub>	31,75	44,45	57,15	69,85	88,90	107,95
D <sub>2</sub>	69,83	88,88	101,60	128,57	152,40	221,44
d	17,4	25,3	32,4	39,6	50,4	60,2
L	73	100	120	140	178	220
α	16	20	20	25	30	30
b	15,9	15,9	19	25,4	25,4	25,4
g	M10	M12	M16	M20	M20	M20
f	54	66,7	80	101,6	120,6	177,8
m	12,5	16	18	19	25	38
n	8	8	9,5	12,5	12,5	12,5
o	16,5	23	30	36	48	61
k	16,5	19,5	19,5	26,5	28,5	45,5

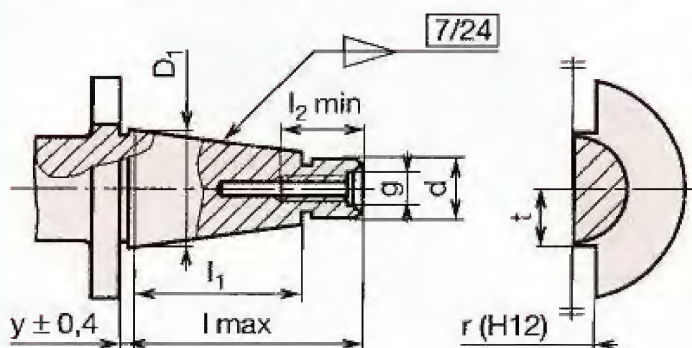
## RAINURES À T 18.4

a	b c h				a	b c h			
	min	min	max	min		min	min	max	min
6	11	5	8	5	18	30	12	24	16
8	14,5	7	11	7	22	37	16	29	20
10	16	7	14	9	28	46	20	36	26
12	19	8	17	11	36	56	25	46	33
14	23	9	19	12	42	68	32	53	39



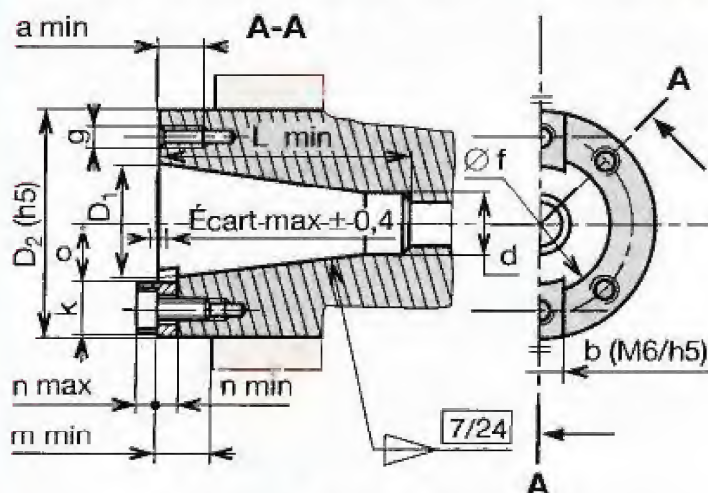
Queue d'outil à conicité 7/24

NF E 60-024

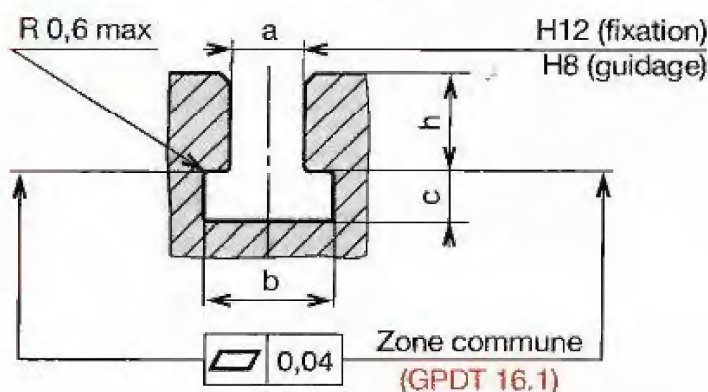


Nez de broche à conicité 7/24

NF E 60-023



Rainure à T



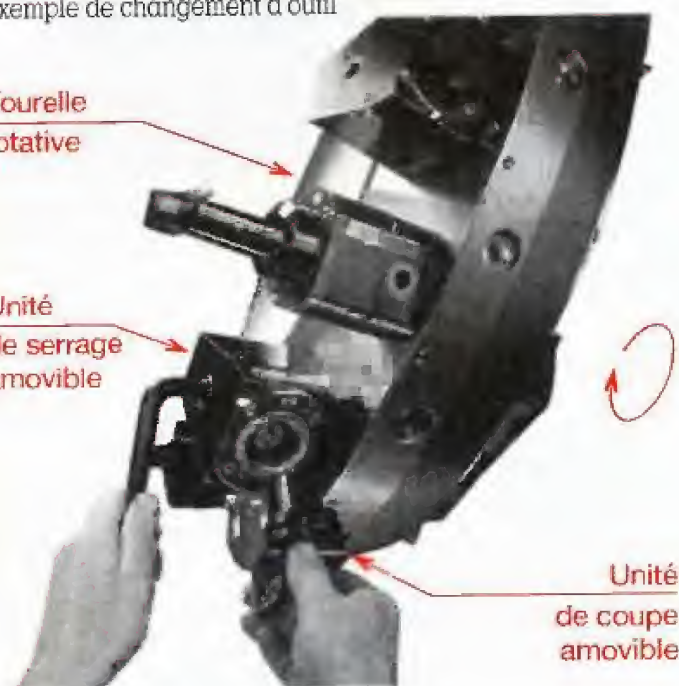


## Attachement pour tourelles

Exemple de changement d'outil

Tourelle  
rotative

Unité  
de serrage  
amovible



Unité  
de coupe  
amovible

Les attachements sont des systèmes assurant la liaison entre l'outil ou le porte-outil et la machine.

Leur conception modulaire permet notamment :

- une grande polyvalence de types d'usinage,
- une utilisation rationnelle de mêmes outils sur des machines différentes.

### REMARQUE

Lors de changement d'outils, l'excellente répétitivité ( $\pm 0,005$ ) de la mise en position permet, pour de nombreuses applications, de supprimer les passes d'usinage pour prise de cote.





## 19.1 ATTACHEMENTS POUR TOURELLES

Unités de serrage VDI	Unité de coupe intérieures	Adaptateurs pour forets à queue cylindrique	Adaptateurs pour outils à queue cylindrique
DIN 69880			
	Unités de coupe extérieures		
Allonges		Adaptateurs pour forets à queue cône Morse	Adaptateurs pour forets à queue Whistel Notch
	Adaptateurs pour outils à manche		



## 19.2 ATTACHEMENTS POUR FRAISEUSES ET CENTRES D'USINAGE

### 19.21 ATTACHEMENTS « MONOBLOC »

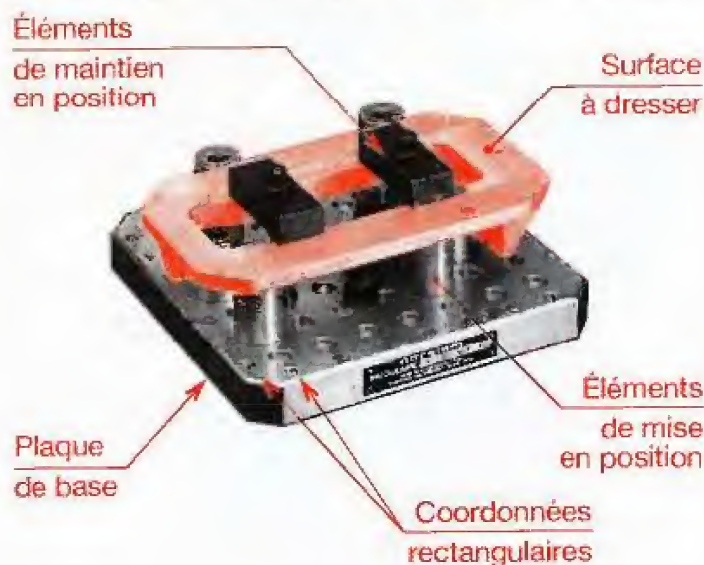
Cônes pour fraises à surfacer-dresser	Cônes pour mandrins à pince
	
Cônes pour mandrins de perçage	Cônes pour outils à queue cône Morse
	

### 19.22 ATTACHEMENTS MODULAIRES

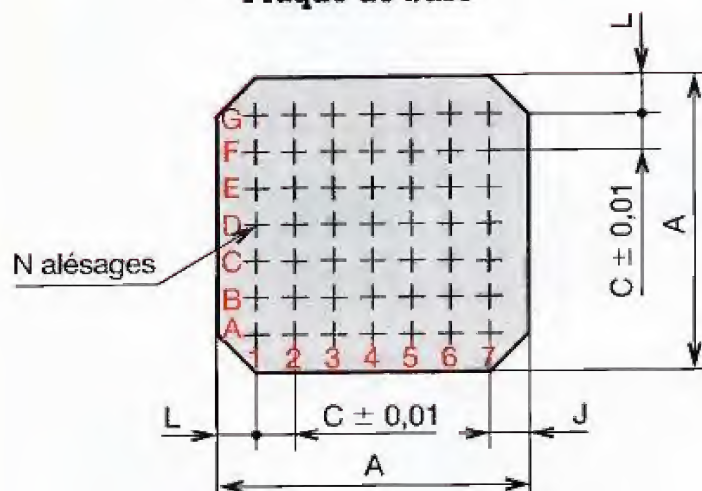
Cône de base	Adaptateurs pour fraises	
ISO 7388 		
	Adaptateurs pour outils à queue cylindrique 	
Allonges	Outil d'alésage d'ébauche	Tête d'alésage micrométrique
	 $\varnothing 25$ à $\varnothing 270$	 $\varnothing 3$ à $\varnothing 26$
	Adaptateurs de taraudage  Adaptateur      Porte-taraut      Taraut	



## Montage de fraisage pour semelle d'étau



### Plaque de base

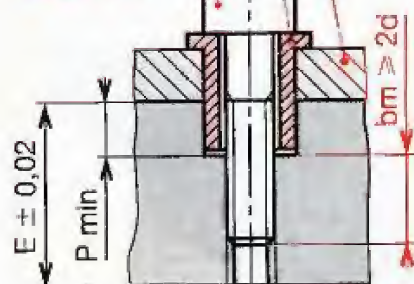


### Détail fixation

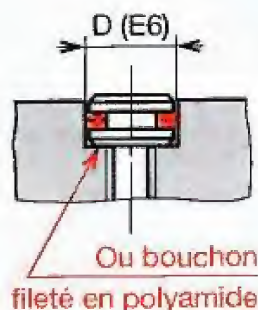
Élément modulaire à fixer

Douille de centrage et de maintien

Vis CHC  
GPD 32.1



### Bouchon de plaque



Ce système permet de réaliser un grand nombre de mises en position et de maintiens en position avec un simple assemblage de composants standard.

Par rapport à l'élément de base, les composants sont positionnés suivant un système de coordonnées rectangulaires matérialisées :

- soit par une trame d'alésages équidistants,\*
- soit par des rainures à T orthogonales\*\*.

### REMARQUE

Ce système est compatible avec tous les autres éléments standard :

- appuis ponctuels (§ 10.1),
- brides (chapitre 15),
- crampons plaqueurs (chapitre 16),
- etc.

### FONCTIONS DE SERVICE D'UN MONTAGE

- 1 Mettre en position la pièce.
- 2 Maintenir en position la pièce.
- 3 Soutenir la pièce (si nécessaire).
- 4 Lier les éléments modulaires entre eux.
- 5 Réaliser un montage rigide de l'ensemble.
- 6 Permettre le démontage de la pièce.
- 7 Mettre en position le montage sur la machine.
- 8 Maintenir en position le montage sur la machine.
- 9 Permettre le passage des outils.
- 10 Permettre l'évacuation des copeaux et du lubrifiant.
- 11 Respecter les règles de sécurité.

### PLAQUE DE BASE

d	A	C	D	E	J	L	P
M 6	250	25	12	35	35	25	4
M 6	315	25	12	40	40	32,5	4
M 6	400	25	12	45	45	25	4
M 10	315	40	18	40	40	37,5	6
M 10	400	40	18	45	45	40	6
M 10	500	40	18	50	50	50	6

\* Fabrication : Norelem, ...

\*\* Fabrication : DOGA, Halder, ...



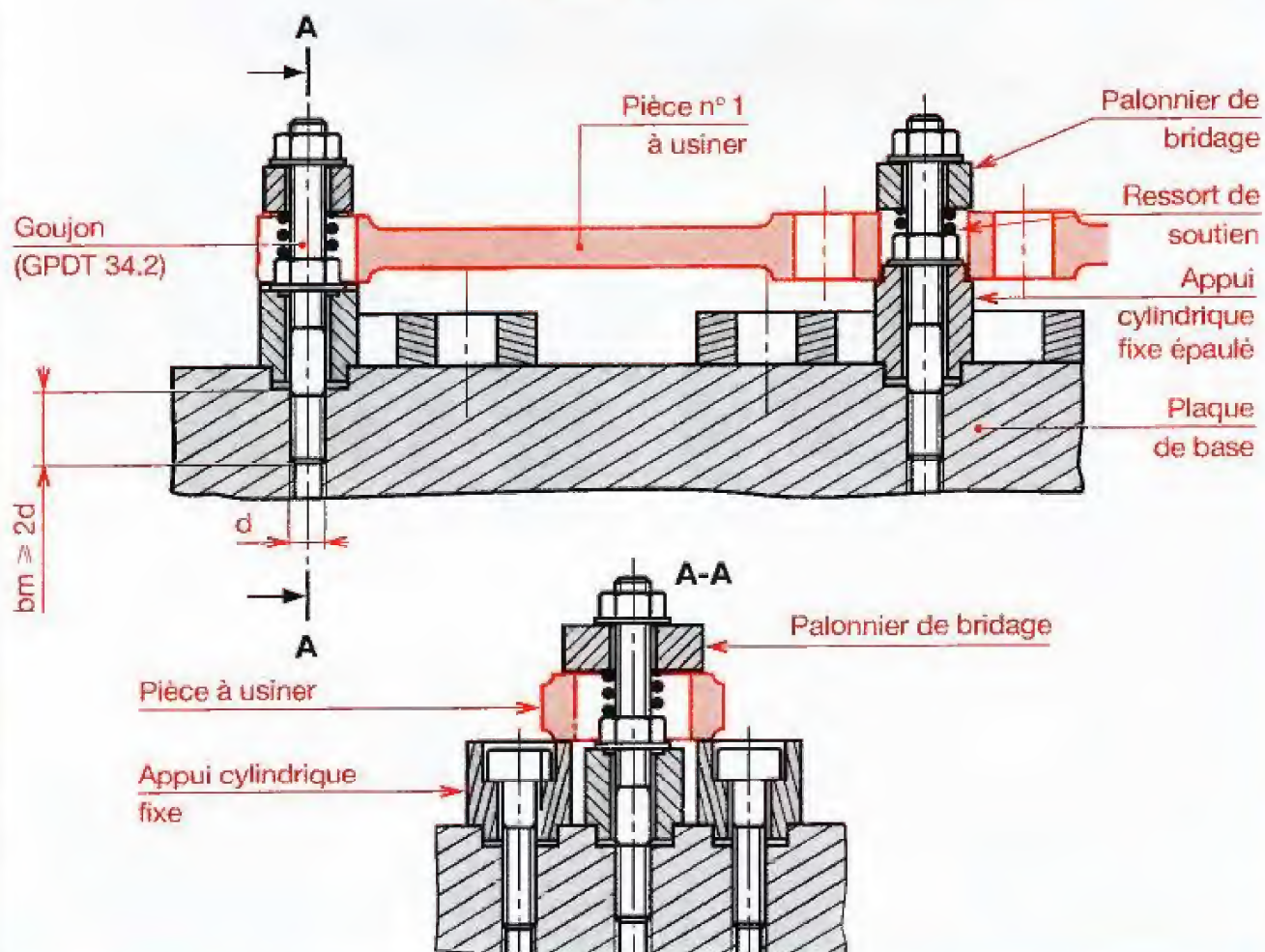
## 20.1 PRINCIPAUX ÉLÉMENTS MODULAIRES\*





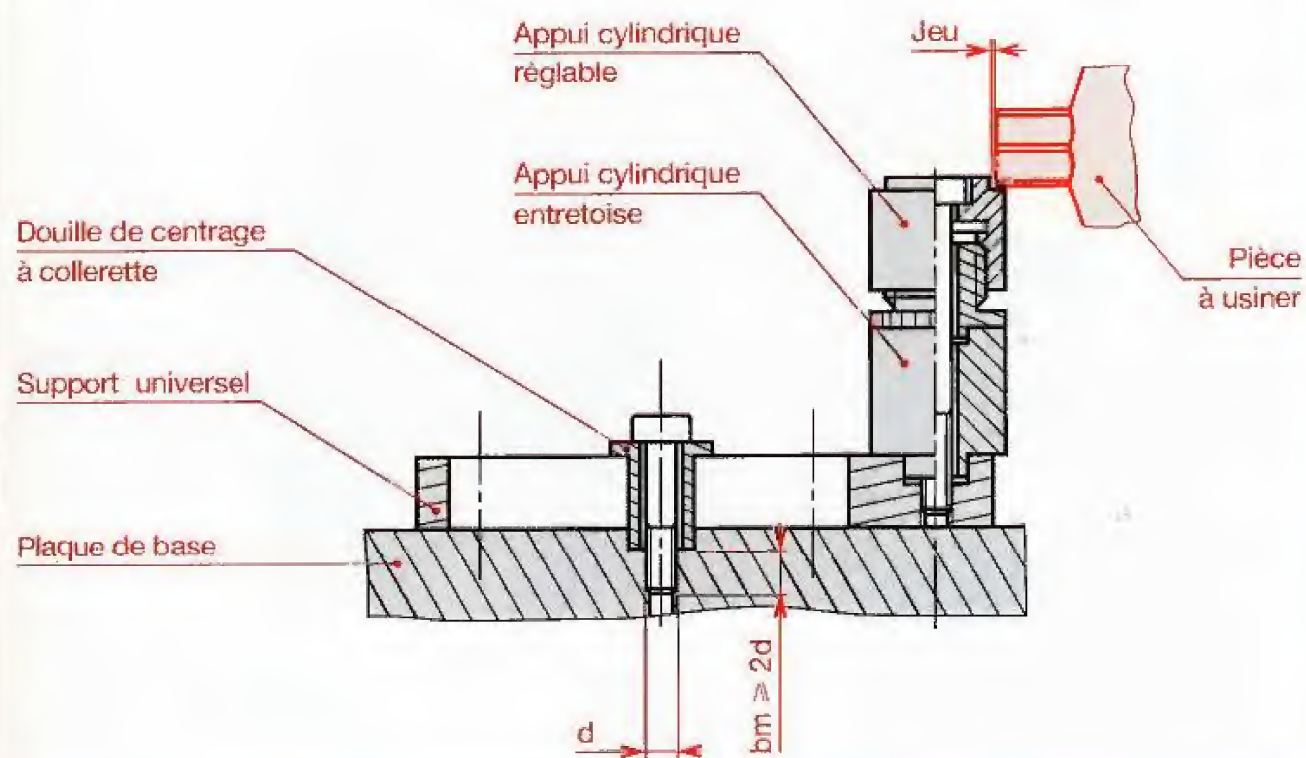
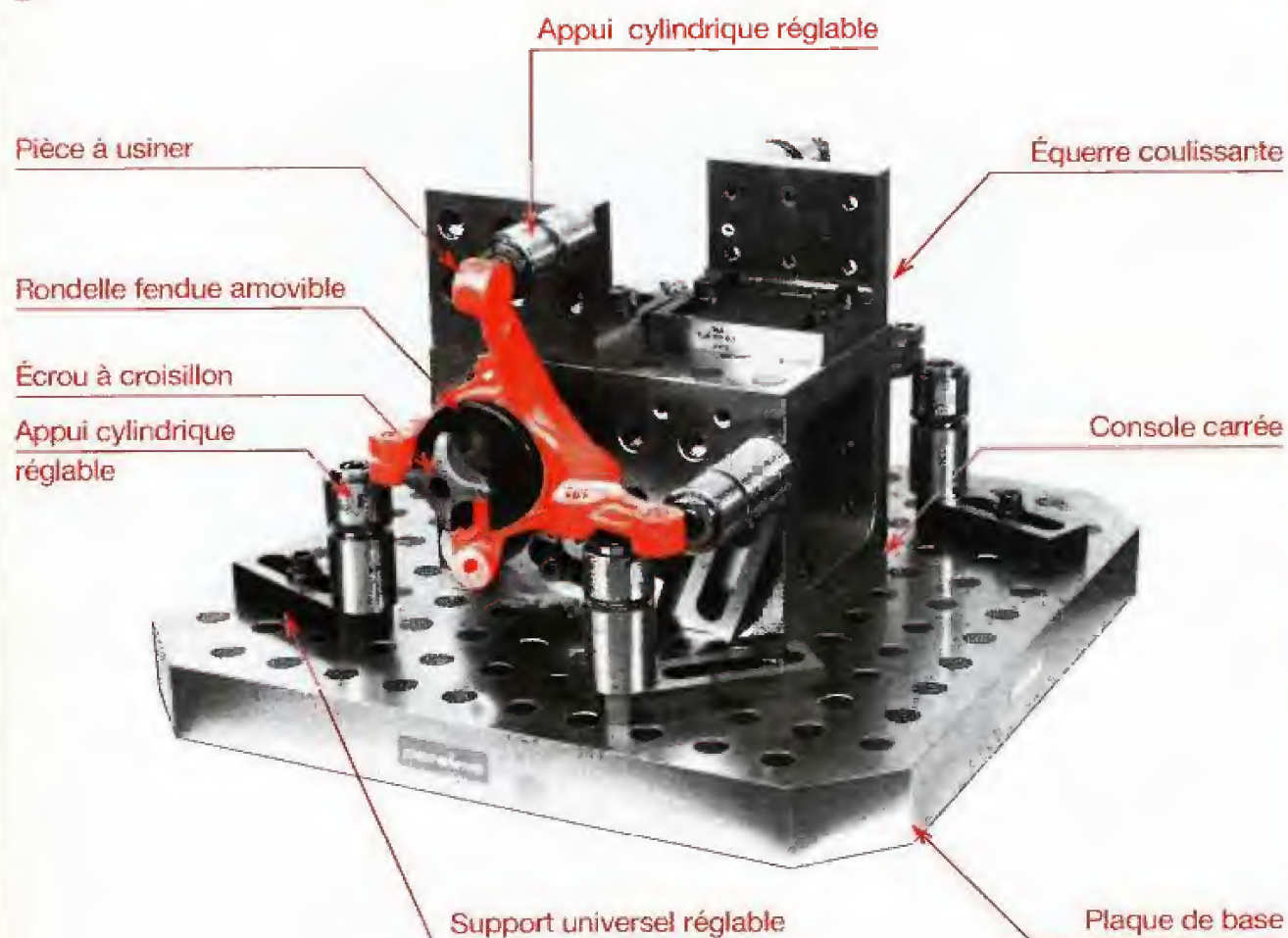
## 20.2 EXEMPLES D'EMPLOIS

1



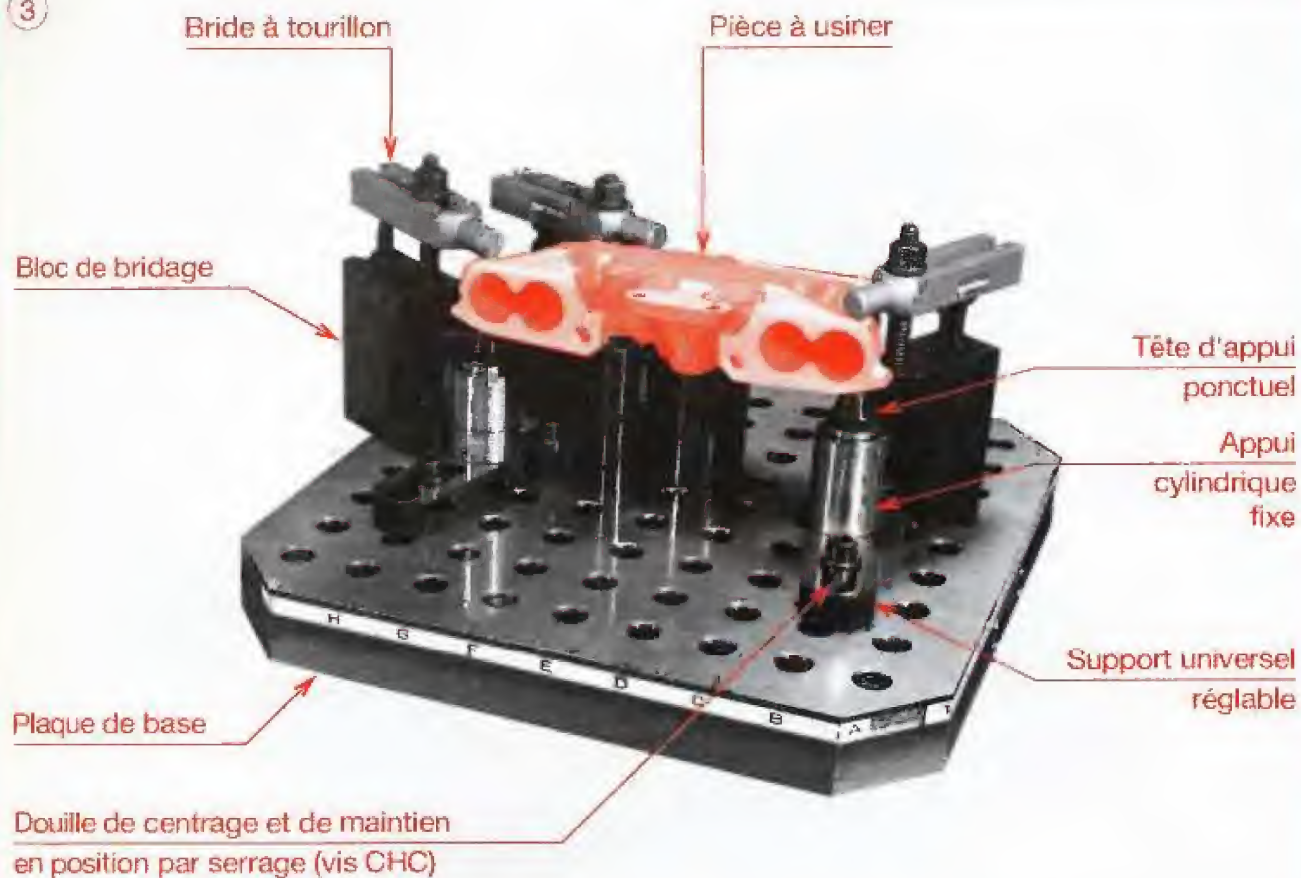


2

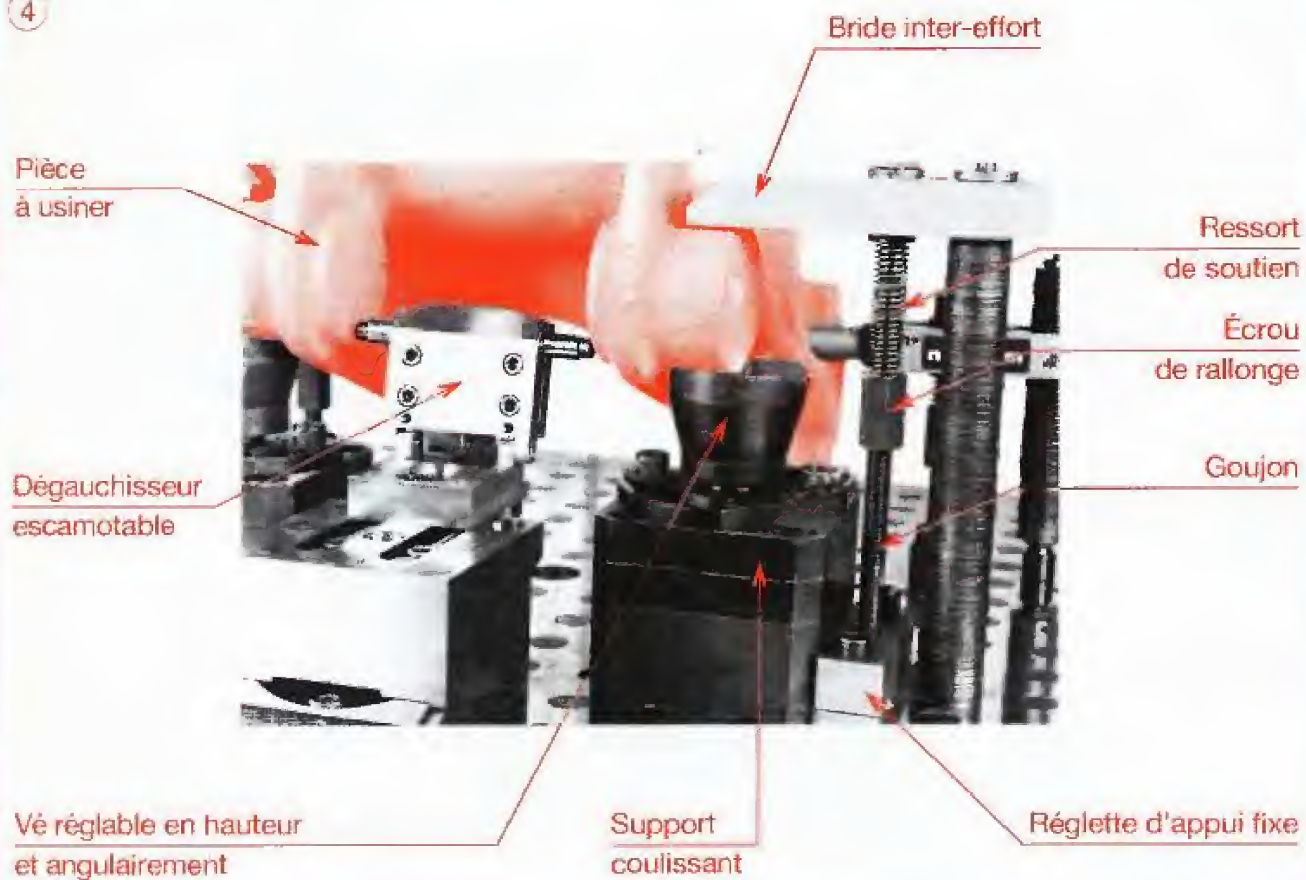




③

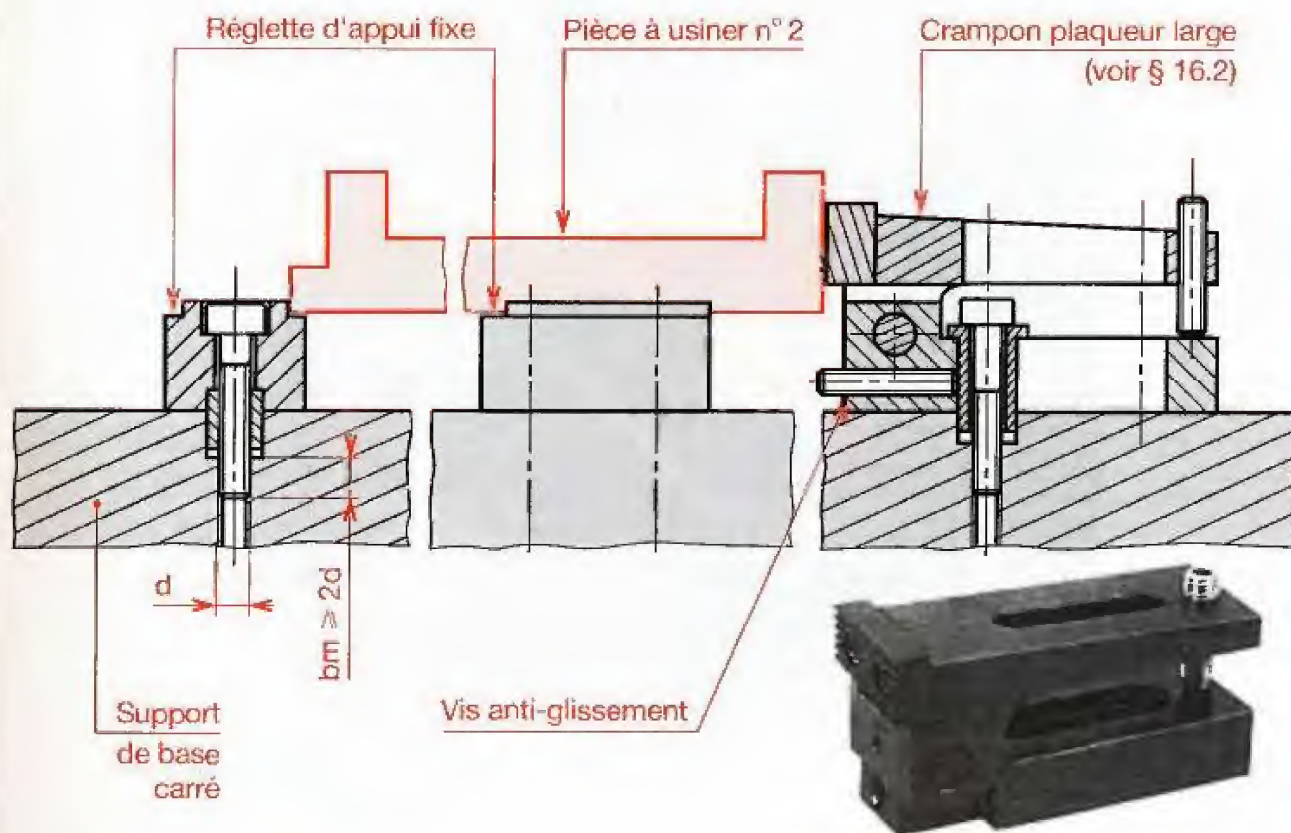
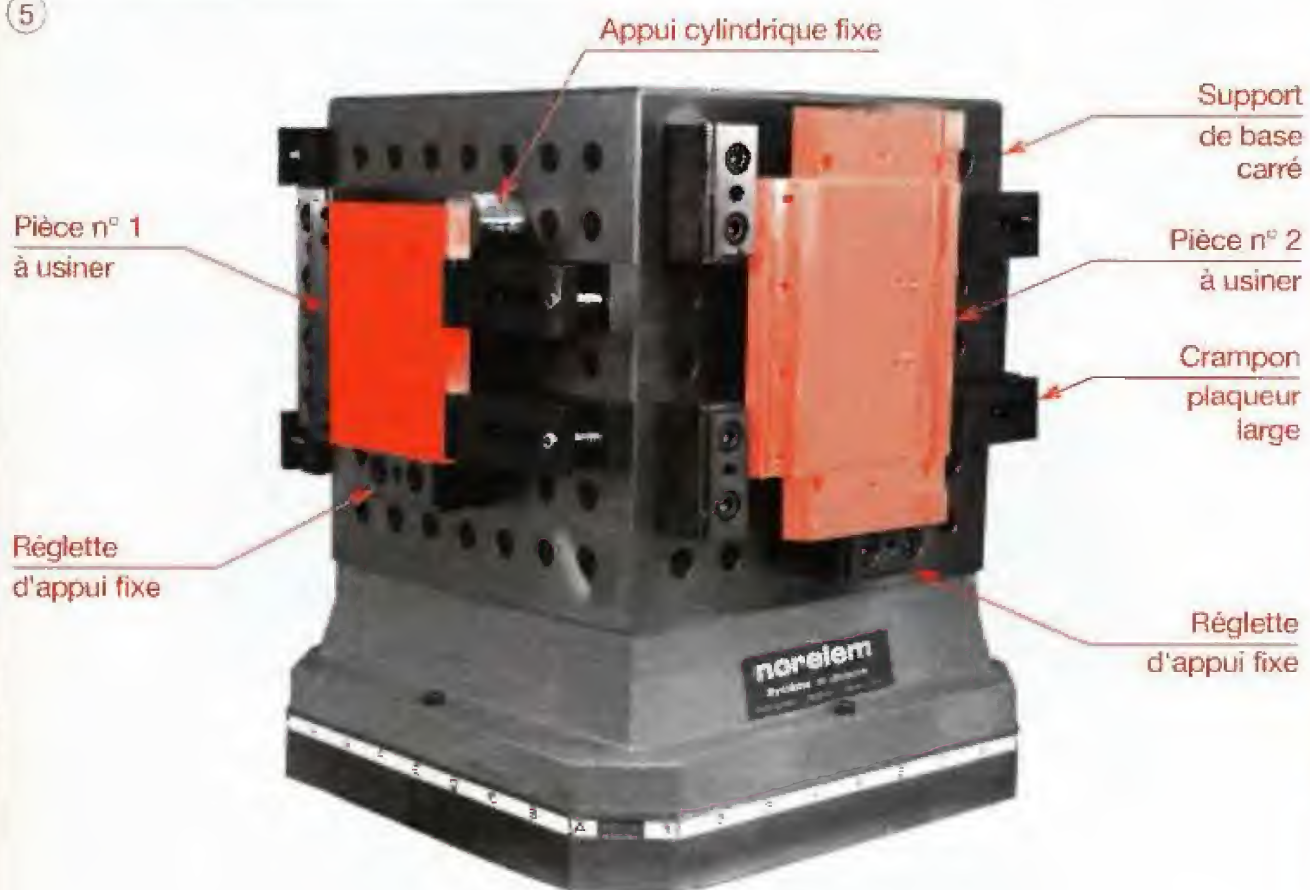


④



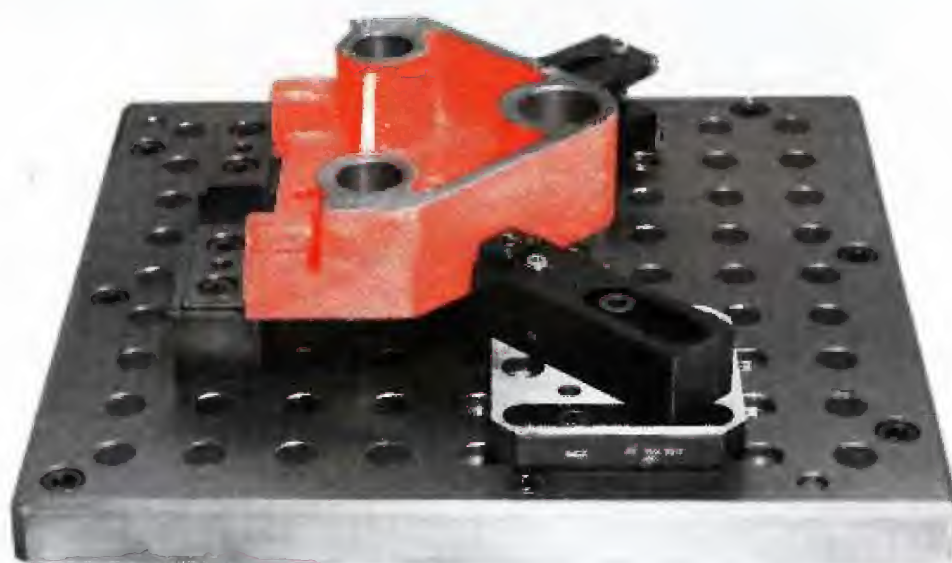


5





## APPLICATION À UN MONTAGE DE FRAISAGE-ALÈSAGE



**1**  
Plaque de base

**2**  
Réglette  
d'appui fixe

**3**  
Douille  
de centrage  
Vis C HC

**11-12**  
Douille  
de centrage  
Vis C HC

**10**  
Support  
universel (réglable)

**13-14-15**  
Crampon plaqueur  
Douille de centrage  
Vis C HC

**5-6**  
Appui  
cylindrique  
Vis C HC

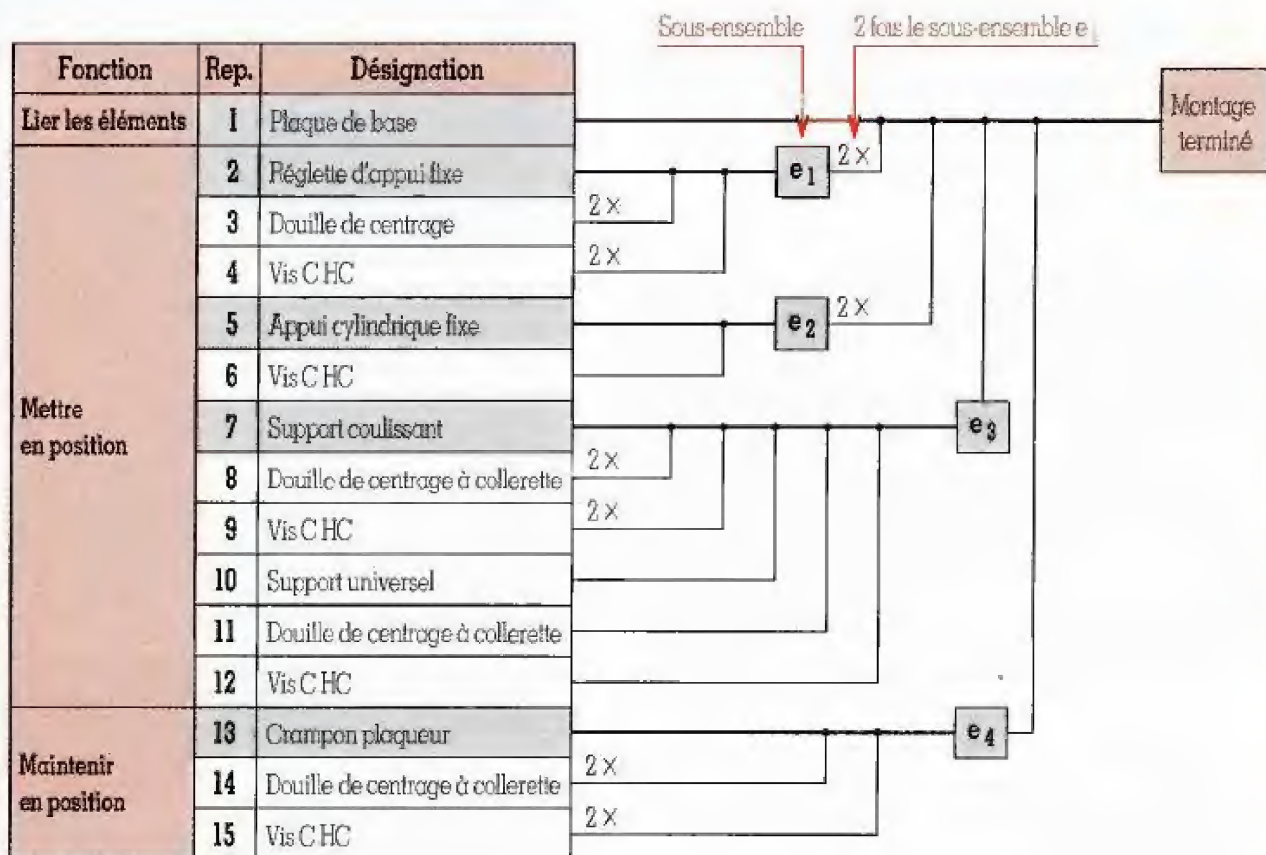
**7**  
Support  
couissant

**6-9**  
Douille de centrage  
Vis C HC



# SCHÉMA D'ASSEMBLAGE

L'ordre d'assemblage d'un montage modulaire peut être représenté sous la forme schématique suivante.



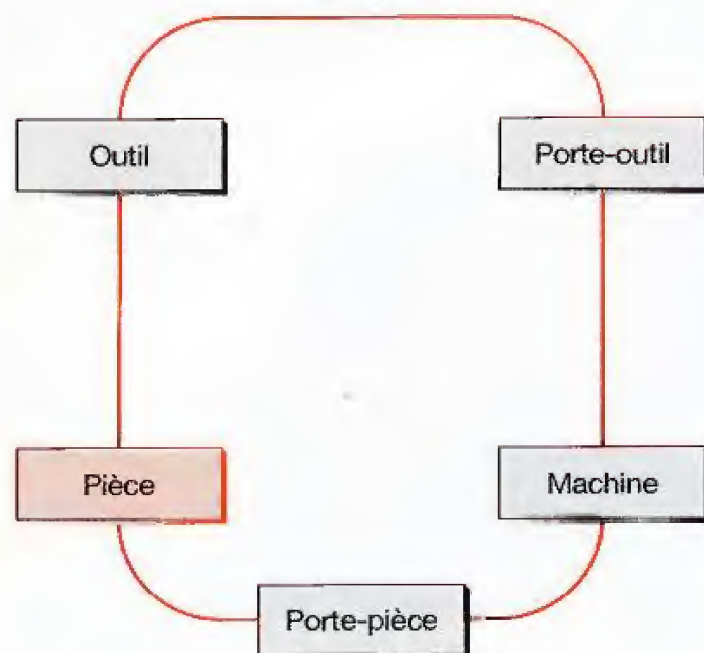
NOTA : le chapitre 27 du GPDt donne les principes de réalisation d'un schéma d'assemblage.

## SIGNIFICATION

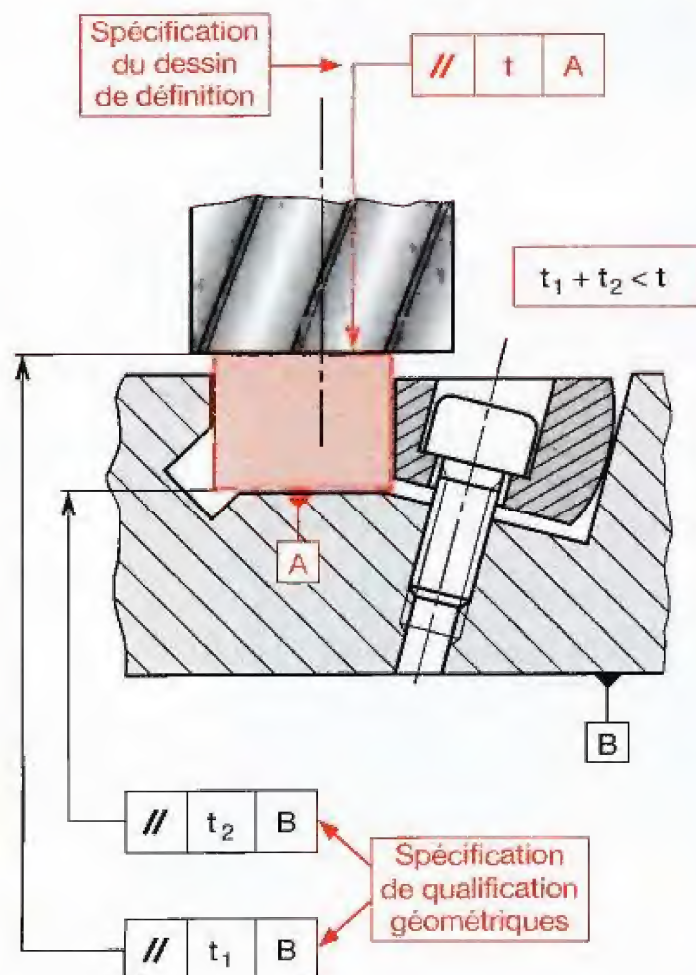
Préparation des sous-ensembles		Montage final
e <sub>1</sub> 2 x	Sur chaque réglette d'appui fixe, monter : ■ 2 douilles de centrage, ■ 2 vis C HC.	Sur la plaque de base 1, monter : ■ 2 sous-ensembles e <sub>1</sub> , ■ 2 sous-ensembles e <sub>2</sub> , ■ 1 sous-ensemble e <sub>3</sub> , ■ 1 sous-ensemble e <sub>4</sub> .
e <sub>2</sub> 2 x	Sur chaque appui cylindrique fixe, monter : ■ 1 vis C HC.	
e <sub>3</sub>	Sur un support coulissant, monter : ■ 2 douilles de centrage à collerette, ■ 2 vis C HC, ■ 1 support universel, ■ 1 douille de centrage à collerette, ■ 1 vis C HC.	
e <sub>4</sub>	Sur chaque crampon plaqueur, monter : ■ 2 douilles de centrage à collerette, ■ 2 vis C HC.	



## Circuit géométrique



## Qualification du montage de l'outil et du porte-pièce



## 22.1 CIRCUIT GÉOMÉTRIQUE

Les qualités géométriques de forme et de position d'une opération d'usinage sont fonction notamment de la qualité :

- de la prise de pièce dans le porte-pièce,
- du positionnement du porte-pièce sur la machine,
- de la surface générée par les mouvements de coupe et d'avance,
- du positionnement de l'outil dans le porte-outil,
- du positionnement du porte-outil dans la machine.

Chacun de ces éléments doit avoir une **qualification géométrique de capacité\*** en rapport avec les spécifications géométriques à obtenir.

## 22.2 EXEMPLE

La qualification géométrique du montage de l'outil et du porte-pièce nécessite de mesurer :

- la valeur  $t_1$  du parallélisme de la partie active de l'outil par rapport à la table de la machine.
- la valeur  $t_2$  du parallélisme de la surface d'appui de la pièce par rapport à la table de la machine.

La somme  $t_1 + t_2$  de ces écarts de parallélisme doit être inférieure à la spécification  $t$  de parallélisme à respecter en production.

## APPLICATION

Après mesurage, on relève les valeurs suivantes :

$t_1 = 0,02$  et  $t_2 = 0,03$ .

$t_1 + t_2 = 0,05$ .

Si  $t = 0,1$ , on a :  $0,05 < 0,1$ .

Le montage de l'outil et le porte-pièce peuvent donc être qualifiés pour l'obtention de la spécification de parallélisme  $t = 0,1$ .

\* Aptitude à produire de façon conforme aux spécifications.



La coupe d'un matériau est obtenue par la pénétration de l'arête tranchante d'un outil qui comprime puis cisaille le matériau.

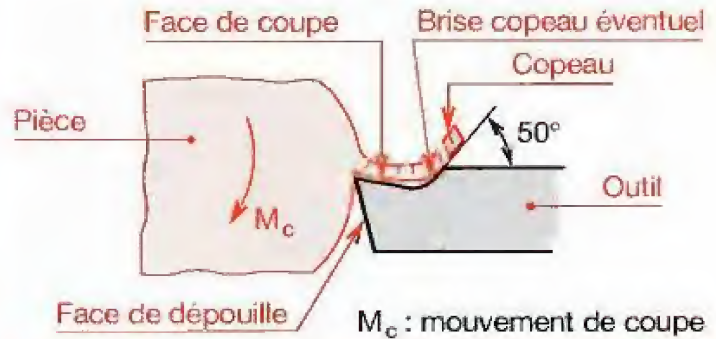
Le copeau ainsi obtenu glisse le long de la face de coupe. Ce copeau peut être rompu si nécessaire par une surface en saillie appelée « brise copeau ».

## « Copeau minimum »

Si la surépaisseur prévue pour l'usinage est trop faible, l'outil ne coupe pas et le métal est écaillé. Il est donc nécessaire de prévoir une surépaisseur égale ou supérieure au copeau minimum.

Le copeau minimum est fonction de la nature du matériau constituant l'outil, de la finesse de l'arête tranchante, de l'arrosage...

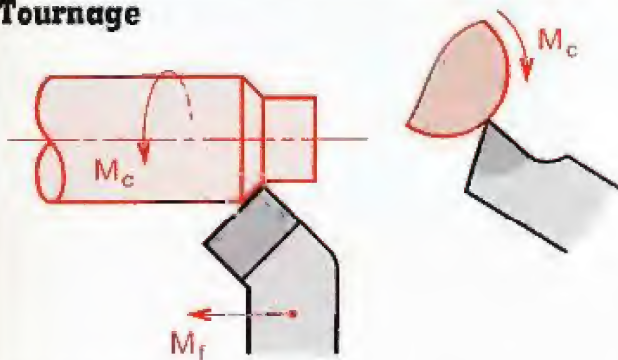
## Coupe d'un matériau



## VALEURS USUELLES DES COPEAUX MINIMA

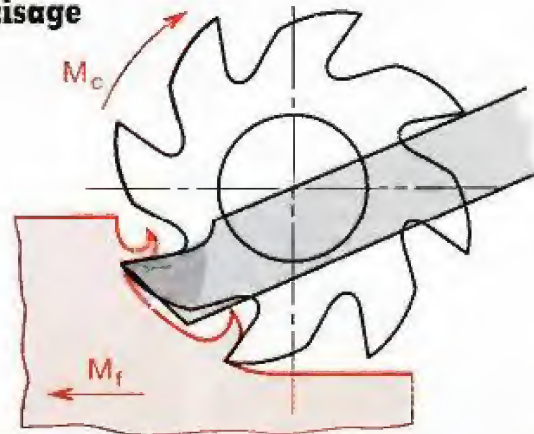
Modes d'usinage	Opérations	Copeaux minima
Tournage Fraisage	Écroutage	1,5 à 3
	Ébauche sans écroutage	1
	Ébauche après écroutage	0,5
	Demi-finition	0,5
	Finition	0,2
Rectification	Finition	0,05

## Tournage

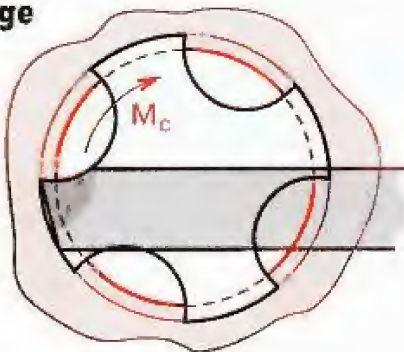


$M_c$  : mouvement de coupe  
 $M_f$  : mouvement d'avance

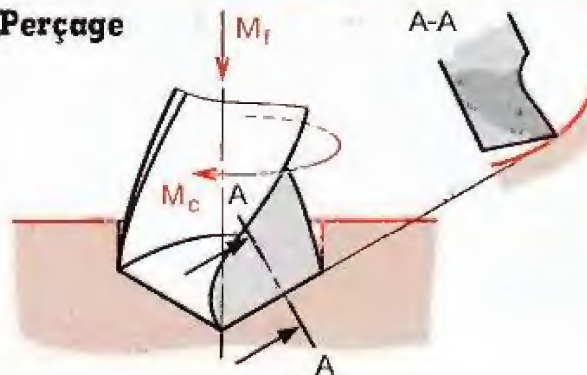
## Fraisage



## Taraudage



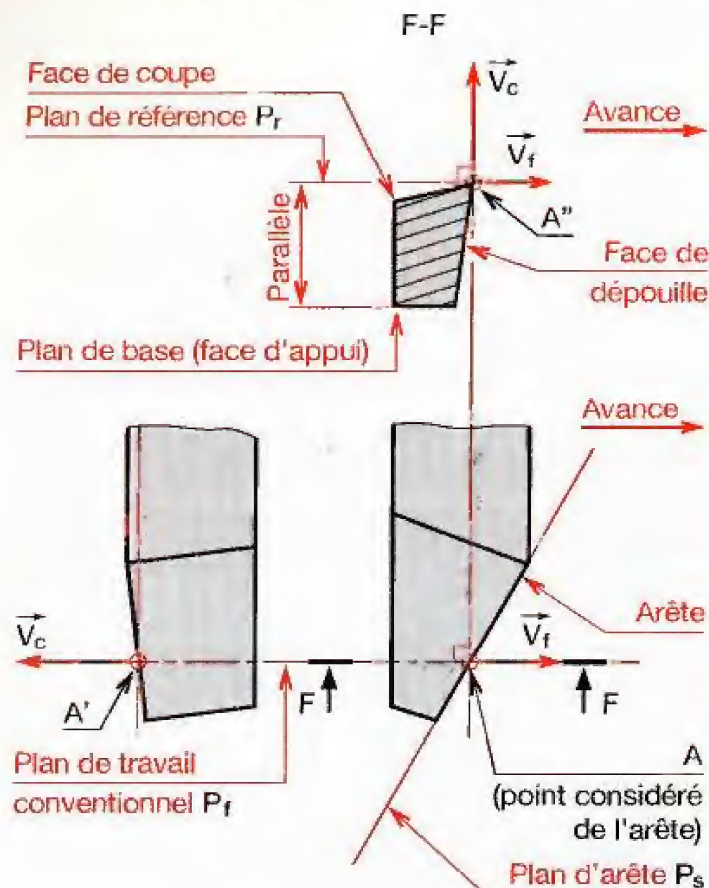
## Perçage



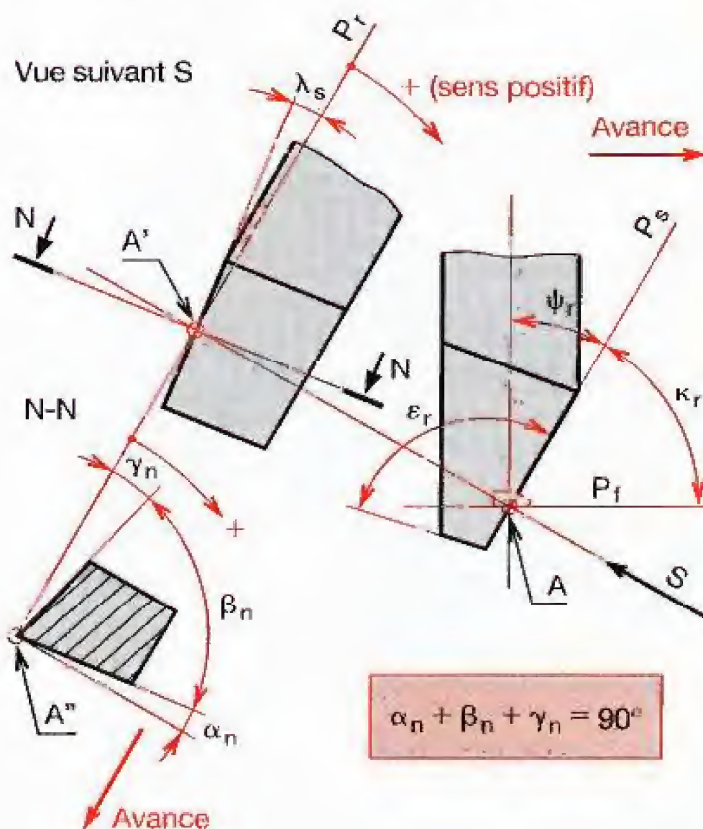
Tous les outils, même ceux à arêtes multiples, peuvent être considérés comme composés d'autant d'outils à arête unique.



## Plans de l'outil en main



## Angles normaux (outil en main)



## 23.1 GÉOMÉTRIE DE L'OUTIL

La définition des angles est effectuée à partir d'un système de référence constitué par trois plans :  $P_r$ ,  $P_s$  et  $P_t$ .

Plan de référence  $P_r$ 

C'est un plan passant par le point considéré  $A$  de l'arête parallèle au plan de base servant de face d'appui au corps de l'outil (pour un outil de tour ou contenant l'axe de l'outil (pour les outils tournant).

$P_r$  est perpendiculaire à la direction supposée du vecteur vitesse de coupe  $\vec{V}_c$ .

Plan d'arête  $P_s$ 

C'est un plan perpendiculaire au plan de référence  $P_r$  au point considéré  $A$  de l'arête et contenant la tangente à l'arête en ce point.

Plan de travail conventionnel  $P_t$ 

C'est un plan perpendiculaire au plan de référence  $P_r$  au point considéré  $A$  de l'arête et parallèle à la direction supposée d'avance.

## ANGLES DE L'ARÊTE

Symbole	Prononciation	Définition
$\kappa_r$	Kappa indice r	Angle de direction d'arête
$\lambda_s$	Lamda indice s	Angle d'inclinaison d'arête
$\psi_r$	Psi indice r	Angle de direction complémentaire
$\epsilon_r$	Epsilon indice r	Angle de pointe

## ANGLES DES FACES

Symbole	Prononciation	Définition
$\alpha_n$	Alpha indice n	Angle de dépouille normale
$\beta_n$	Bêta indice n	Angle de taillant normal
$\gamma_n$	Gamma indice n	Angle de coupe normal



## FONCTION 23.2

### DES PRINCIPAUX ANGLES

#### ■ Angle de direction d'arête $\kappa_r$

Afin d'obtenir une entrée progressive de l'arête de coupe et protéger le bec de l'outil prendre  $\kappa_r < 90^\circ$ .  $\kappa_r$  influe sur la direction d'évacuation des copeaux.

#### ■ Angle de dépouille $\alpha_n$

Cet angle évite à l'outil de talonner sur la surface à usiner.

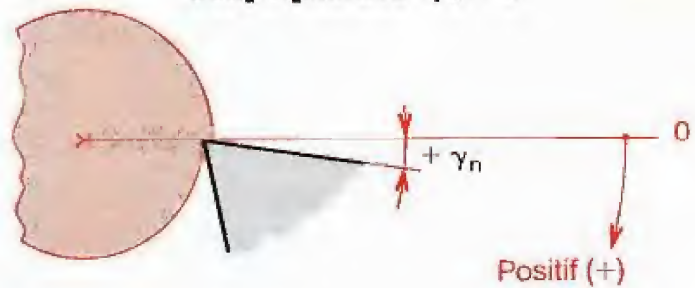
#### ■ Angle de coupe $\gamma_n$

$\gamma_n > 0$ . Outils en acier rapide ou en carbure. Pour l'usinage des matériaux tendres (acier doux, alliages d'aluminium...) et les opérations de demi-finition et finition.

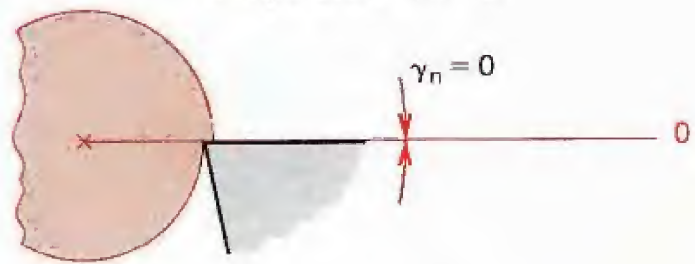
La finesse du bec de l'outil autorise l'épaisseur de copeau la plus faible.

$\gamma_n < 0$ . Outils en carbure ou en céramique. L'angle de taillant plus robuste autorise des efforts de coupe importants.

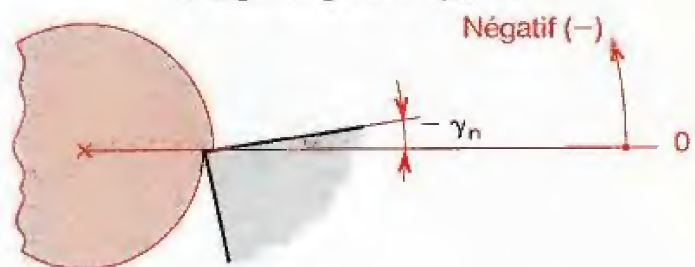
#### Coupe positive $\gamma_n > 0$



#### Coupe nulle $\gamma_n = 0$



#### Coupe négative $\gamma_n < 0$



## 23.3 OUTILS EN ACIERS RAPIDES

### GÉOMÉTRIE DE COUPE

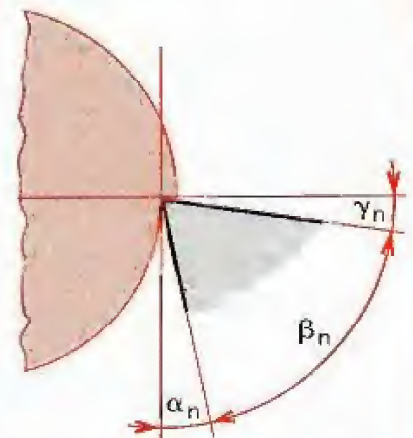
En première approximation, on utilise les valeurs données par le tableau ci-contre. Si les avances sont importantes, on peut réduire l'angle de dépouille  $\alpha_n$  et l'angle de coupe  $\gamma_n$  afin de renforcer l'angle de taillant  $\beta_n$ .

#### EXEMPLE

Soit à charioter une pièce en acier au carbone de résistance à la traction  $R = 670$  mégapascals et de dureté  $HB \approx 200$ .

La consultation du tableau donne :  $\alpha_n = 8^\circ$  ;  $\gamma_n = 8^\circ$  ;  $\beta_n = 74^\circ$ .

Matière	Dureté (HB)	Angles		
		$\alpha_n$	$\gamma_n$	$\beta_n$
Acier	< 175	8	15	67
Acier	175-250	8	8	74
Acier	> 250	6	6	78
Acier inoxydable		8	15	67
Fonte	< 250	8	8	74
Fonte	> 250	6	5	79
Laiton		10	0	80
Bronze		8	0	82
Cuivre		10	30	50
Alliages d'aluminium		10	35	45



D'après Sandvick.

HB : dureté Brinell, voir chapitre 78.

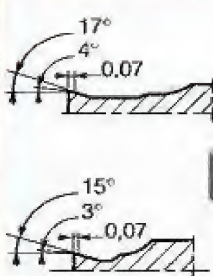
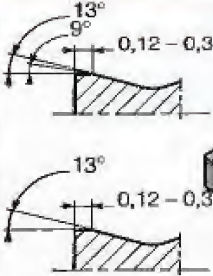
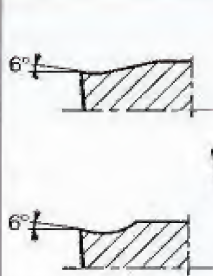
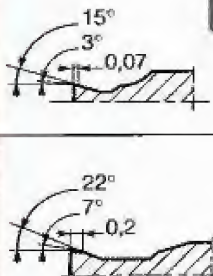
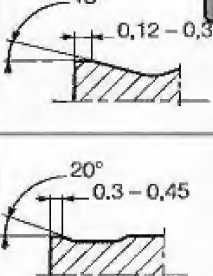
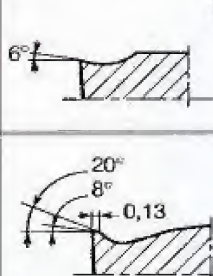
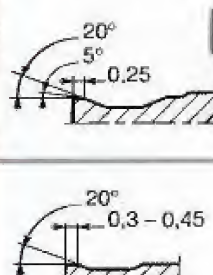
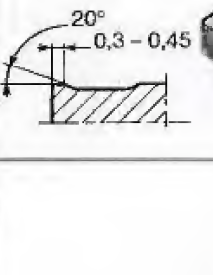
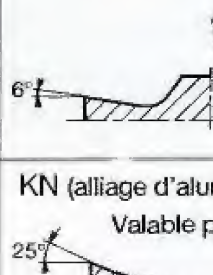
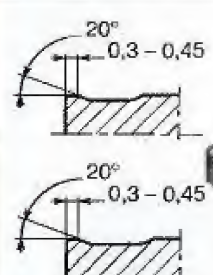
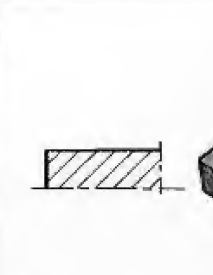
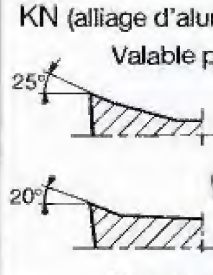

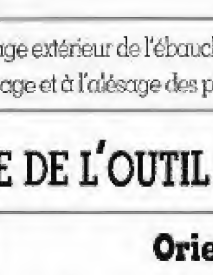
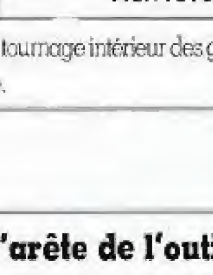
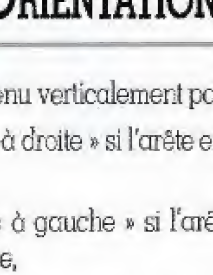
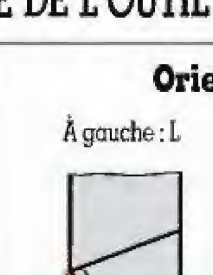
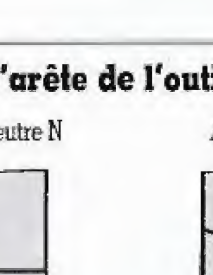
\* Conversion entre la dureté HB et la résistance à la traction R : voir GPD<sup>T</sup> chapitre 53.



## 23.4 OUTILS À PLAQUETTES CARBURE

La géométrie de la face de coupe d'une plaquette carbure est fonction de la nature du métal à usiner, acier, fonte, alliage léger et du type d'opération à effectuer, ébauche, demi-finition, finition.

### GÉOMÉTRIE D'UNE PLAQUETTE EN FONCTION DU MATÉRIAU ET DU TYPE D'OPÉRATION

Opération	Systèmes d'outils T-max P*		Systèmes d'outils T-max U**
	P (aciers)	KH (fontes)	P-M-KH (Ac, inox, fontes)
Finition	 <b>PF</b>	 <b>QM</b>	 <b>UF</b>
			
Demi-finition	 <b>PM</b>	 <b>MR</b>	 <b>UM</b>
			
Ébauche (plaquette réversible)	 <b>MR</b>	 <b>NMA</b>	 <b>KN (alliage d'aluminium) AL</b> Valable pour 1/2 finition
			 <b>Non réversible</b>

\* Le système d'outils T-MAX P Sandvick est destiné au tournage extérieur de l'ébauche à la finition et au tournage intérieur des grands diamètres.

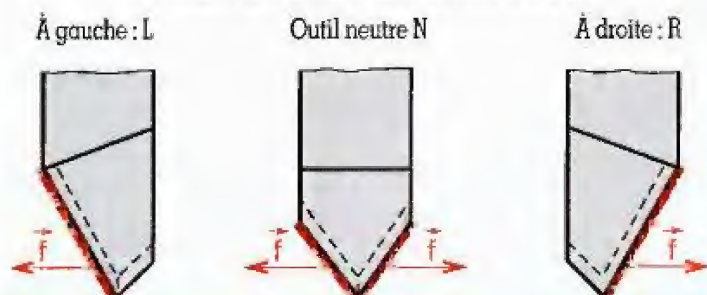
\*\* Le système d'outils T-MAX U Sandvick est destiné au tournage et à l'alésage des pièces de petite taille.

## 23.5 ORIENTATION DE L'ARÊTE DE L'OUTIL

L'outil étant tenu verticalement pointe en bas :

- l'outil est « à droite » si l'arête est orientée vers la droite,
- l'outil est « à gauche » si l'arête est orientée vers la gauche,
- l'outil est « neutre » si les deux parties actives de l'outil sont symétriques par rapport à l'axe du corps.

### Orientation de l'arête de l'outil





## VITESSE DE COUPE 24.1

 **$V_c$  EN FRAISAGE**

C'est l'espace parcouru en mètres par l'extrémité d'une dent de l'outil en une minute (fig. 1).

 **$V_c$  EN TOURNAGE**

C'est l'espace parcouru en mètres par un point de la pièce en une minute (fig. 2).

$$V_c = \pi \cdot d \cdot n$$

$\pi d$  : espace parcouru en mètres pour un tour.

$n$  : fréquence de rotation en tours par minute.

La vitesse de coupe varie principalement en fonction :

- de la matière à usiner,
- du matériau de l'outil,
- de la nature de l'opération à réaliser (ébauche ou finition),
- du type d'outil utilisé (fraise à surfacer, fraise-scie),
- de la lubrification (travail à sec ou lubrifié).

## FRÉQUENCE DE ROTATION 24.2

La vitesse de coupe est donnée par des tableaux, il faut déterminer la fréquence de rotation  $n$ .

24.21 CALCUL DE  $n$ 

$$n = \frac{V_c}{\pi \cdot d}$$

$V_c$  : vitesse de coupe en mètres par minute.

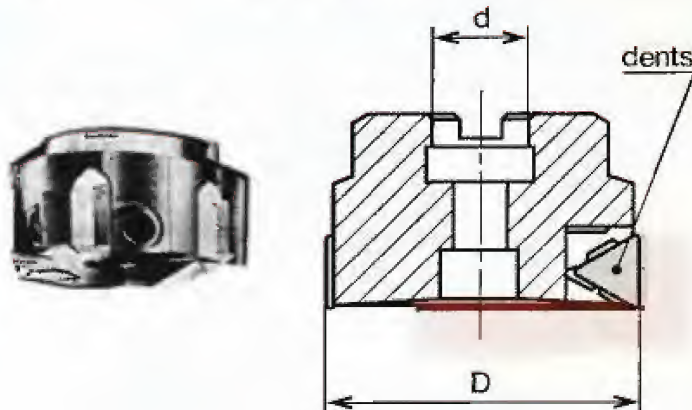
$d$  : diamètre de la fraise en millimètres (fraisage) ou diamètre de la pièce en millimètres (tournage).

On multiplie  $V_c$  par 1 000 pour convertir en millimètres par minute.

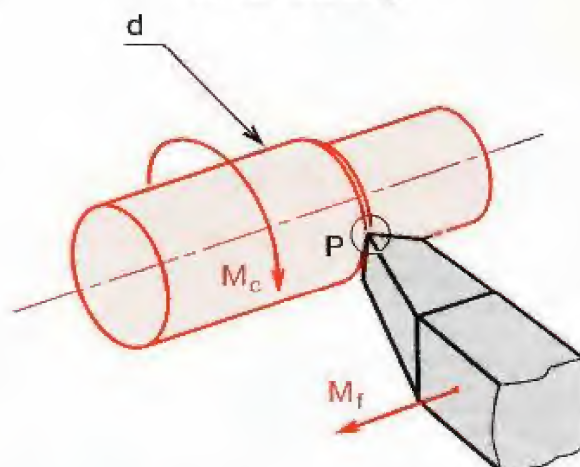
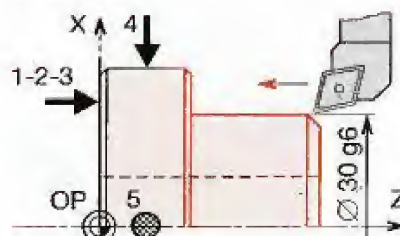
$$n = \frac{1\,000 V_c}{\pi \cdot d}$$

$n$  : fréquence de rotation en tours par minute (tr/min).

①

 **$V_c$  en fraisage**

②

 **$V_c$  en tournage****Exemples de calcul de  $n$** **Tournage**

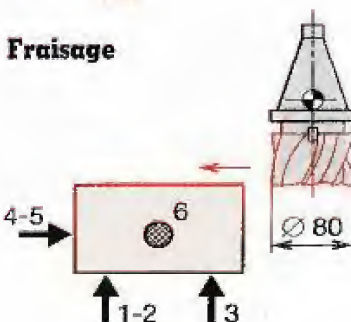
$$V_c = 440 \text{ m/min}$$

$$d = 30 \text{ mm}$$

$$n = \frac{1\,000 \times 440}{\pi \times 30}$$

$$n = 4\,668 \text{ tr/min}$$

$$n = \frac{1\,000 V_c}{\pi d}$$

**Fraisage**

$$V_c = 100 \text{ m/min}$$

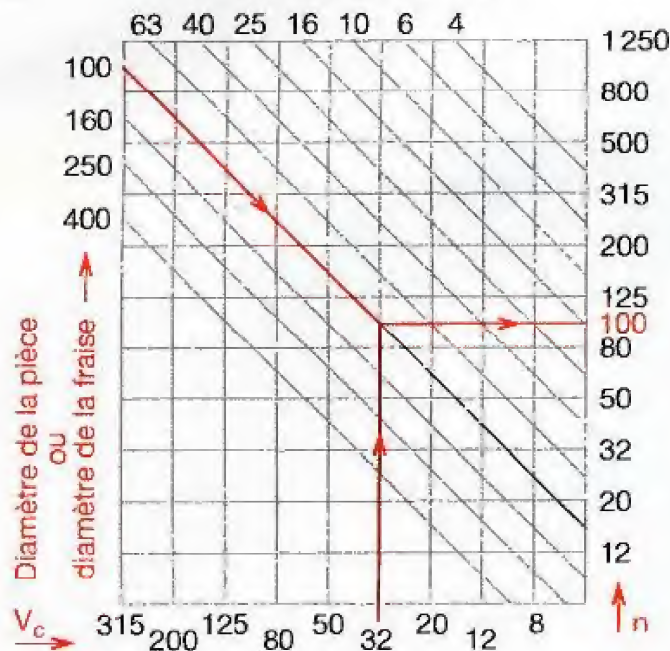
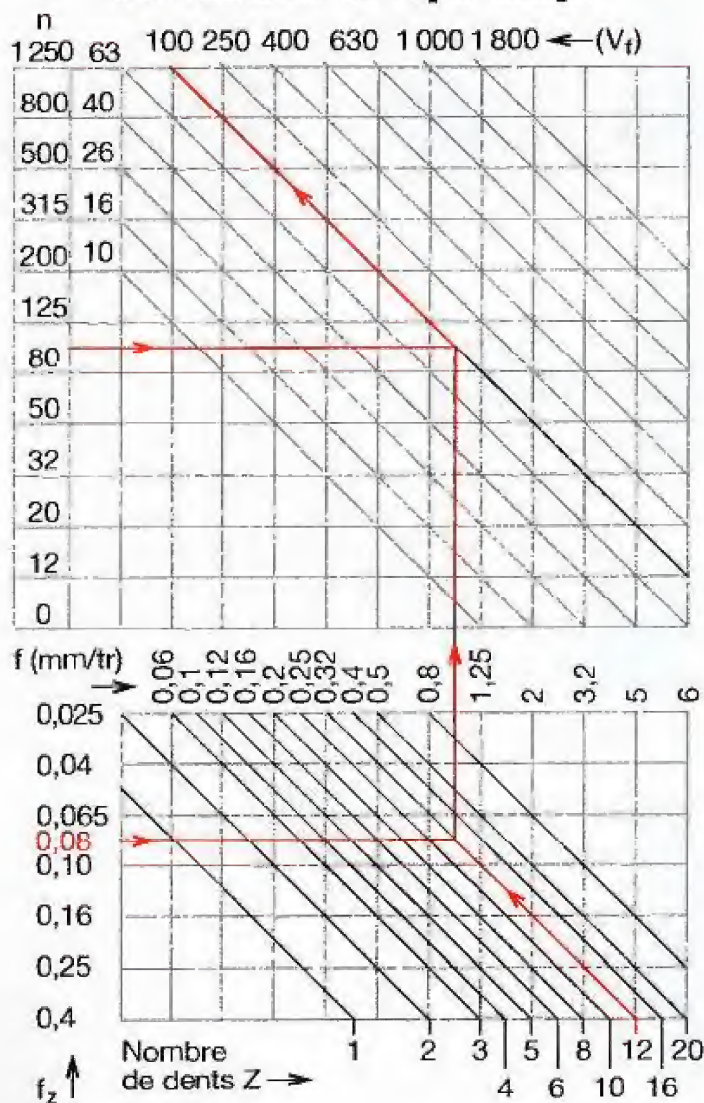
$$d = 80 \text{ mm}$$

$$n = \frac{1\,000 \times 100}{\pi \times 80}$$

$$n = 397 \text{ tr/min}$$



①

**Abaque de calcul de n****Détermination de  $V_f$  par abaque****24.22 DÉTERMINATION DE n  
PAR ABAQUE** $V_c = 32$  m/min.

Diamètre de la fraise = 100.

Après lecture de l'abaque, on trouve :

 $n \approx 100$  tr/min.Détermination de  $n$  par le calcul :

$$n = \frac{1000 \times 32}{3,14 \times 100} = \frac{32000}{314} = 100,1 \text{ tr/min.}$$

**24.3 AVANCE****TOURNAGE**L'avance ( $f$ ) est le déplacement de l'outil en mm/tr.**FRAISAGE**L'avance ( $V_f$ ) est le déplacement de la pièce en mm/min.

$$V_f = f_z \cdot z \cdot n$$

 $f_z$  : avance par dent en mm. $z$  : nombre de dents de la fraise. $n$  : fréquence de rotation en tr/min.**APPLICATION**Fraise =  $\varnothing 100$  ;  $z = 12$  dents ;  $f_z = 0,08$  mm ;  
 $n = 100$  tr/min.

$$V_f = 0,08 \times 12 \times 100 \approx 100 \text{ mm/min.}$$

**24.4 PROFONDEUR DE PASSE** $a_p$ La profondeur de passe  $a_p$  dépend de la nature de l'opération (ébauche ou finition). La profondeur de passe  $a_p$  ne doit pas être inférieure au copeau minimum (voir chapitre 23).La valeur maximum de  $a_p$  dépend de la rigidité de l'outil et de la puissance de la machine-outil.



## USURE DE L'OUTIL 25.1

La qualité des surfaces obtenues en production ainsi que la précision dimensionnelle des pièces dépendent de l'usure de l'outil.

La norme NF E 66-505 présente les différents effets de l'usure (fig. 1).

Les deux principales formes d'usure sont :

1° l'usure en cratère KT due au frottement du copeau sur la face de coupe ;

2° l'usure en dépouille VB due au frottement de la pièce sur la face en dépouille.

Le norme fixe comme critère de durée de vie

$$VB = 0,3 \text{ mm}.$$

L'usure d'un outil de nature et de géométrie données pour usiner un matériau déterminé avec un lubrifiant connu est fonction des conditions de coupe  $V_c, f, a_p$ .

### EXEMPLE (FIG. 2)

L'usure VB d'outils déterminés pour des vitesses de coupe  $V_{c1}, V_{c2}, V_{c3}$ , donnent des temps correspondants  $T1, T2, T3$ .

## DROITE DE TAYLOR 25.2

Les couples  $V_{c1}, T1, V_{c2}, T2, V_{c3}, T3, \dots$  reportés sur un graphe à coordonnées logarithmiques donnent une courbe relativement proche d'une droite dite « droite de Taylor ».

Soit  $C_v$  et  $C_T$  les intersections de la droite de Taylor avec le système d'axes :

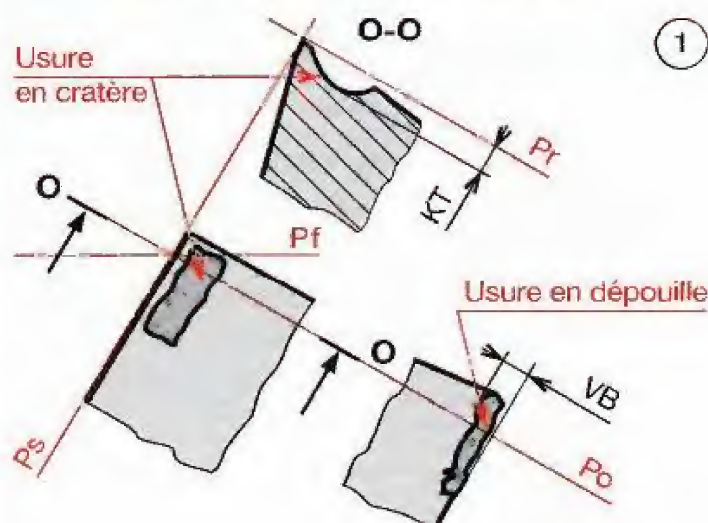
■  $C_v$  = temps théorique que durerait un outil pour une vitesse de coupe de 1 m/min.

■  $C_T$  = vitesse de coupe théorique d'un outil pour une durée de 1 minute.

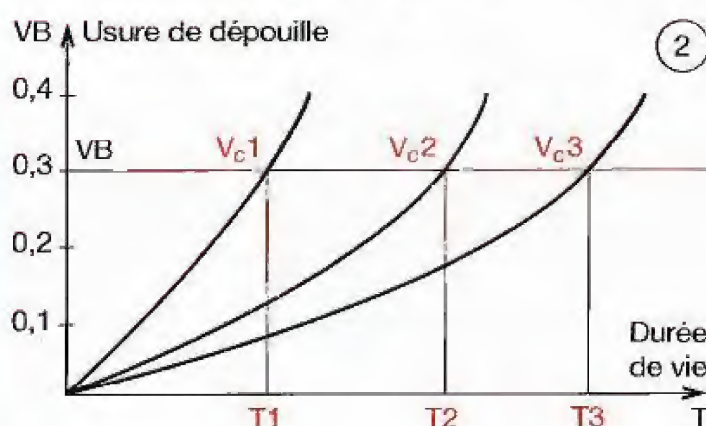
### NOTA

La droite de Taylor est tracée sur du papier à division logarithmique.

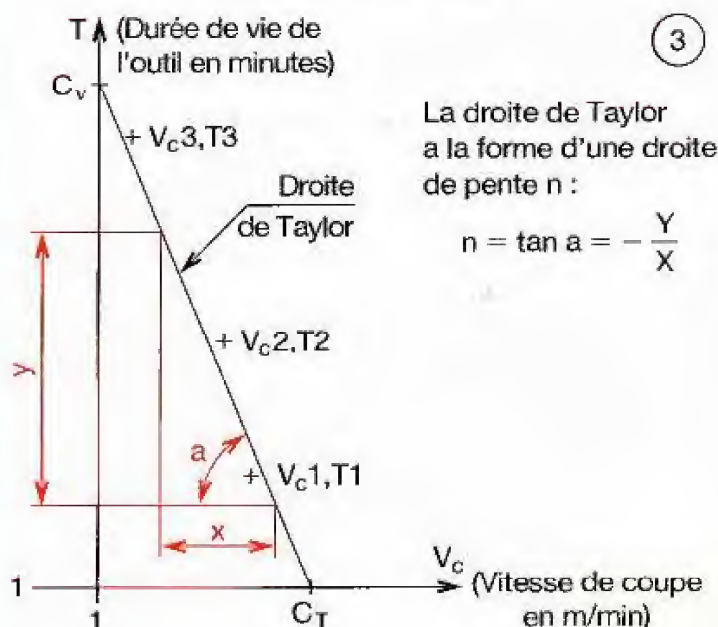
## Usure d'un outil de tournage



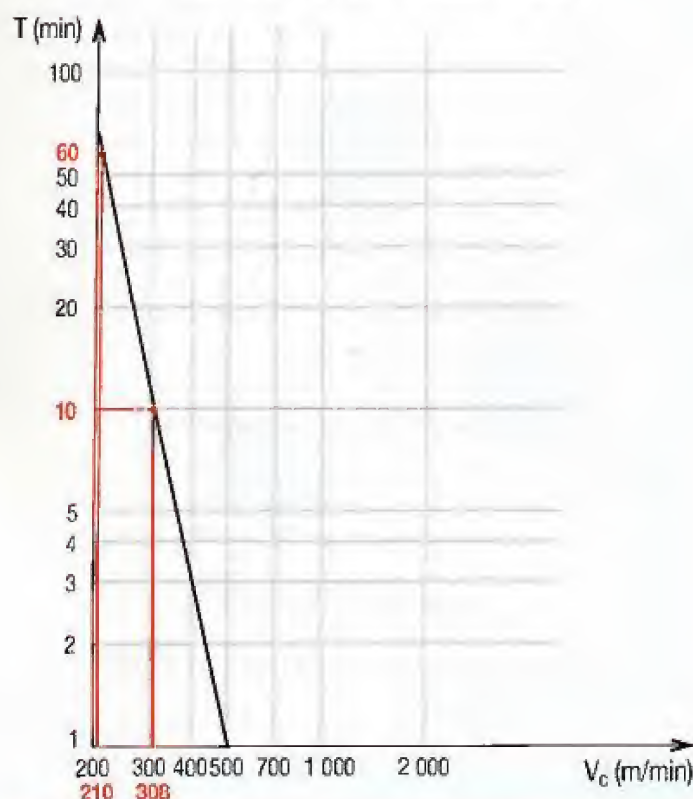
## Usure en dépouille



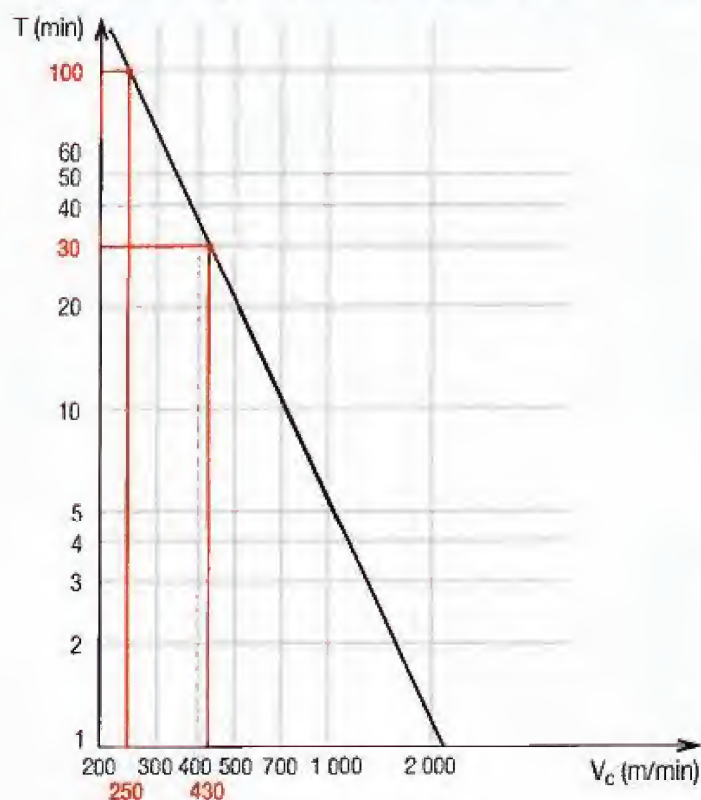
## Droite de Taylor





**Droite de Taylor (acier C 35)**

À une vitesse de coupe  $V_c 1$  correspond un temps  $T1$ .  
 À une durée de vie  $T2$  correspond une vitesse  $V_c 2$ .

**Droite de Taylor (alliage léger EN AW 2017)**

## 25.3 EXPLOITATION DE LA DROITE DE TAYLOR

Soit les deux droites de Taylor ci-contre :

- la première est obtenue par essais d'usinage d'un acier C 35 à l'aide d'un outil en acier carbure P10,  $\kappa_T = 90^\circ$ ,  $f = 0,3$  mm/tr ;
- la deuxième est obtenue par essais d'usinage d'un alliage léger EN AW-2017 (A-U4G) à l'aide d'un outil en acier rapide HS 6-5-2,  $\kappa_T = 90^\circ$ ,  $f = 0,2$  mm/tr .

À l'aide de ces droites, il est possible de déterminer par tracé :

- la vitesse de coupe  $V_c$  connaissant la durée de vie  $T$  de l'outil ;
- la durée de vie  $T$  de l'outil connaissant la vitesse de coupe  $V_c$ .

**EXEMPLES****Droite de Taylor – C 35 – Outil carbure P10**

- À la vitesse  $V_c \approx 210$  m/min correspond une durée de vie de l'outil de 60 min.
- À la durée de vie de l'outil  $T = 10$  min correspond la vitesse de coupe  $V_c \approx 308$  m/min.

**Droite de Taylor – Alliage léger EN AW 2017 (A-U4G) – Outil en acier rapide HS 6-5-2**

- À la vitesse  $V_c \approx 250$  m/min correspond une durée de vie de l'outil de 100 minutes.
- À la durée de vie  $T = 30$  minutes correspond la vitesse de coupe  $V_c \approx 430$  m/min .

**REMARQUE**

Pour les durées de vie de l'outil, voir également le tableau « durée de vie  $T$  – facteurs de correction de  $V_c$  » § 32.1.



## 26.1 FONCTIONS DE LA LUBRIFICATION

Matériau	Lubrifiant
Acier R < 700 MPa*	Huile soluble - Huile minérale EP
Acier R ≥ 700 MPa*	Huile soluble - Huile minérale EP - Liquide synthétique
Aciers inoxydables	Huile minérale EP - Huile soluble EP
Aciers à outils	Huile minérale EP
Bronzes, laiton, fontes	Usinage à sec - Huile soluble - Liquide semi-synthétique
Alliages d'aluminium	Huile soluble - Liquide synthétique
Alliages de cuivre	Huile soluble - Liquide synthétique - Huile compoundée
Titane	Huile soluble
Matières plastiques	Huile soluble (2 %)

\* 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>.

L'action d'un fluide de coupe assure des fonctions multiples, notamment :

- refroidir l'outil et la pièce usinée,
- diminuer les frottements des copeaux sur la face de coupe,
- réduire le frottement de l'outil sur la pièce,
- améliorer l'état de surface en évitant les micro-soudures de particules de métal (arête rapportée),
- réduire les efforts de coupe,
- évacuer les copeaux hors de la zone de coupe,
- augmenter la durée de coupe d'un outil.

## 26.2 TYPES DE LUBRIFIANTS

Catégorie	Composition	Aspect	Applications
Produits solubles	<b>Huile solubles</b>	Blanc laiteux, semi-transparent à opaque suivant le pourcentage d'huile	Liquide de coupe pratiquement universel pour les travaux usuels sur tout matériau.
	Eau, huile minérale (5 à 10 %) émulseur.		
	<b>Huiles solubles EP*</b>		Travaux sur matériaux d'usinage difficile (aciers durs, aciers inoxydables, etc.).
	Huile soluble avec additifs.	Semi-transparent	Travaux d'usinage et de rectification courants sur métaux.
	<b>Liquides semi-synthétiques</b>		
	Eau, huile minérale (5 à 25 %) additifs divers.	Transparent	Travaux d'usinage et de rectification relativement difficiles sur métaux ferreux et non ferreux usuels.
	<b>Liquides synthétiques</b>		
	Eau, produits de synthèse et additifs divers.		
Huiles entières	<b>Huiles minérales</b>	Semi-transparent	Ce lubrifiant évite le grippage des glissières non protégées des machines-outils. Aciers et alliages légers.
	Obtenues par raffinage du pétrole.		
	<b>Huiles « compoundées »**</b>		Tournage et rabotage des métaux ferreux. À éviter en fraisage en apposition (glissement de l'arête de coupe).
	Contient des corps gras (huile de lard, etc.)		
	<b>Huiles minérales EP*</b>		Travaux d'usinage relativement difficiles, brochage, taillage d'engrenages, filetage, fraisage en avalant, usinage d'aciers à outils et d'aciers inoxydables.
	Huile minérale avec additifs.		

\* Additif dit « extrême-pression » (EP) ayant pour but de maintenir un film de lubrifiant même dans des conditions d'usinage difficiles.

\*\* Compoundée ≈ mélangée.



## 27.1 PRINCIPAUX TYPES DE TEMPS\*

Temps manuel $T_m$	Temps techno-manuel $T_{tm}$
C'est la durée d'un travail physique ou mental dépendant uniquement de l'opérateur.	C'est la durée pendant laquelle le travail dépend des actions composantes et simultanées de l'opérateur et de la machine.
Temps masqué $T_z$	Temps fréquentiel $T_f$
C'est la durée d'un travail humain ou machine accompli pendant l'exécution d'un travail prédominant.	C'est la durée d'une action, ou d'un ensemble d'actions, qui modifie périodiquement le déroulement du cycle. $T_f$ : temps fréquentiel $T_{ft}$ : temps fréquentiel total $n$ cycl : nombre de cycles prévus <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <math display="block">T_t = \frac{T_{ft}}{n \text{ cycl}}</math> </div>
Temps série $T_s$	Temps technologique $T_t$
C'est la durée des opérations nécessaires pour équiper le poste (mise en place du montage porte-pièce, montage et réglage des outils).	C'est la durée pendant laquelle le travail effectué dépend uniquement des moyens matériels.

## 27.2 TEMPS TECHNOLOGIQUES $T_t$ EN TOURNAGE

Formule générale	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <math display="block">n = \frac{1000 V_c}{\pi \cdot d_e}</math> </div> ou <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <math display="block">V_c = \frac{\pi \cdot d_e \cdot n}{1000}</math> </div>
$n$ : fréquence de rotation (tr/min) $V_c$ : vitesse de coupe (m/min) $d_e$ : diamètre extérieur de la pièce ou de la fraise.	
Tournage (chariotage)	Données d'usinage : - Matière usinée : acier C 35 - Outil : acier rapide
$L$ : course axiale de l'outil (mm) $L = l + e$ $V_f$ : vitesse d'avance (mm/min) $V_f = f \cdot n$ $f$ : avance par tour (mm/tr) $n$ : fréquence de rotation (tr/min) $T_t^*$ : temps technologique (min) <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <math display="block">T_t = \frac{L}{V_f}</math> </div>	
<b>APPLICATION</b> $V_c = 45 \text{ m/min}$ ; $f = 0,3$ ; $n = 1000 \cdot V_c / \pi \cdot d_e = 1000 \times 45 / \pi \times 20 = 717 \text{ tr/min}$ ; $V_f = f \cdot n = 0,3 \times 717 = 215 \text{ mm/min}$ ; $T_t = L / V_f = 32 / 215 = 0,15 \text{ min} = 15 \text{ cmin}$ .	
Tournage (dressage)	Données d'usinage : - Matière usinée : fonte EN-GJS-400-15 - Outil : carbure P10
$L$ : course radiale de l'outil (mm) $L = l + e + e' + x$ $P$ : largeur du copeau (mm) $x = a_p / \tan \kappa_r^{**}$ $V_f$ : vitesse d'avance (mm/min) $V_f = f \cdot n$ $f$ : avance par tour (mm/tr) $n$ : fréquence de rotation (tr/min) $T_t^*$ : temps technologique (min) <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <math display="block">T_t = \frac{L}{V_f}</math> </div>	
<b>APPLICATION</b> $V_c = 125 \text{ m/min}$ , $f = 0,1$ ; $n = 1000 \times 125 / \pi \times 36 = 1105 \text{ tr/min}$ ; $x = 3 / \tan 45^\circ = 3$ ; $l = (36 - 24) / 2 = 6$ $L = 1 + 6 + 2 + 3 = 12$ ; $V_f = f \cdot n = 0,1 \times 1105 = 110,5 \text{ mm/min}$ ; $T_t = L / V_f = 12 / 110,5 = 0,108 \text{ min} \approx 11 \text{ cmin}$ .	

\* Pour convertir  $T_t$  en centièmes de minute cmin, il faut multiplier le résultat par 100. \*\*  $\tan \kappa_r$  : prononcer « tangente kappa indice r ».



## 27.3 TEMPS TECHNOLOGIQUES $T_t$ EN FRAISAGE

### Fraisage de face (ébauche)

$L$  : course de la table (mm)  $L = R + e + l + x + e'$   
 $R$  : rayon de la fraise (mm)  $x = \sqrt{R^2 - d^2}$   
 $V_f$  : vitesse d'avance (mm/min)  $V_f = f_z \cdot z \cdot n$   
 $f_z$  : avance par dent (mm/dent)  
 $z$  : nombre de dents de la fraise  
 $n$  : fréquence de rotation (tr/min)  
 $T_t^*$  : temps technologique (min)

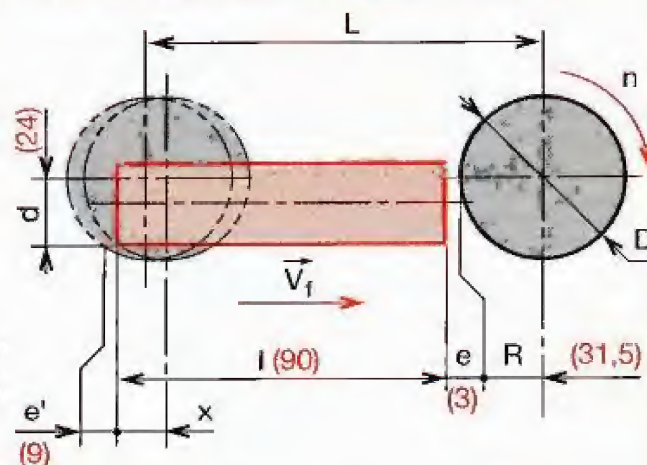
$$T_t = \frac{L}{V_f}$$

#### APPLICATION

$V_c = 32 \text{ m/min}$ ;  $f_z = 0,1 \text{ mm/dent}$ ;  
 $x = \sqrt{31,5^2 - 24^2} = 20,4 \text{ mm}$ ;  
 $L = 31,5 + 3 + 90 + 20,4 + 3 = 147,9 \text{ mm}$ ;  
 $n = 1000 V_c / \pi \cdot D = 1000 \times 32 / \pi \times 63 = 162 \text{ tr/min}$ ;  
 $V_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,1 \times 8 \times 162 = 130 \text{ mm/min}$ ;  
 $T_t = L / V_f = 147,9 / 130 = 1,13 \text{ min} = 113 \text{ cmin}$ .

#### Données d'usinage :

- Matière usinée : acier C 35  
 - Outil : fraise 2T  $\varnothing 63$ , nombre de dents :  $Z = 8$



### Fraisage de profil

$L$  : course de la table (mm)  $L = x + e + l + e'$   
 $R$  : rayon de la fraise (mm)  $x = \sqrt{R^2 - (R - a_p)^2}$   
 $V_f$  : vitesse d'avance (mm/min)  $= \sqrt{a_p(2R - a_p)}$   
 $f_z$  : avance par dent (mm/dent)  $V_f = f_z \cdot z \cdot n$   
 $z$  : nombre de dents de la fraise  
 $n$  : fréquence de rotation (tr/min)  
 $T_t^*$  : temps technologique (min)

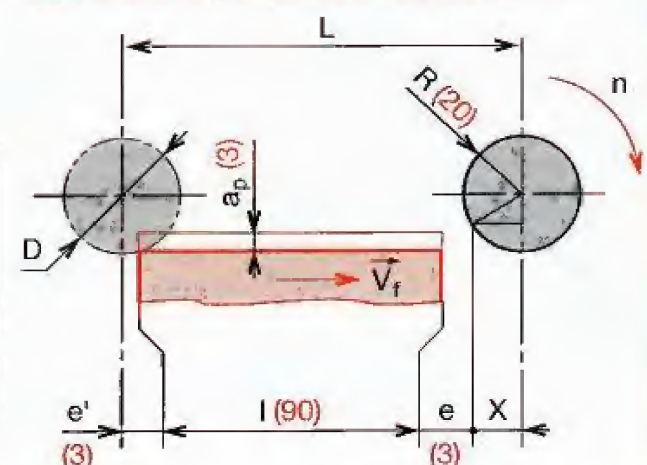
$$T_t = \frac{L}{V_f}$$

#### APPLICATION

$V_c = 25 \text{ m/min}$ ;  $f_z = 0,25 \text{ mm/dent}$ ;  
 $x = \sqrt{20^2 - (20 - 3)^2} = 10,5 \text{ mm}$ ;  
 $L = 10,5 + 3 + 90 + 3 = 106,5 \text{ mm}$ ;  
 $n = 1000 V_c / \pi \cdot D = 1000 \times 25 / \pi \times 40 = 199 \text{ tr/min}$ ;  
 $V_f = f_z \cdot z \cdot n = 298 \text{ mm/min}$ ;  
 $T_t = L / V_f = 106,5 / 298 = 0,35 \text{ min} = 35 \text{ cmin}$ .

#### Données d'usinage :

- Matière usinée : fonte EN-GJL 200  
 - Outil : fraise 2T  $\varnothing 40$ , nombre de dents :  $Z = 6$



### Fraisage de face ( finition )

$L$  : course de la table (mm)  $L = 2R + e' + l + e$   
 $R$  : rayon de la fraise (mm)  $v_f = f_z \cdot z \cdot n$   
 $v_f$  : vitesse d'avance (mm/min)  
 $f_z$  : avance par dent (mm/dent)  
 $z$  : nombre de dents de la fraise  
 $n$  : fréquence de rotation (tr/min)  
 $T_t^*$  : temps technologique (min)

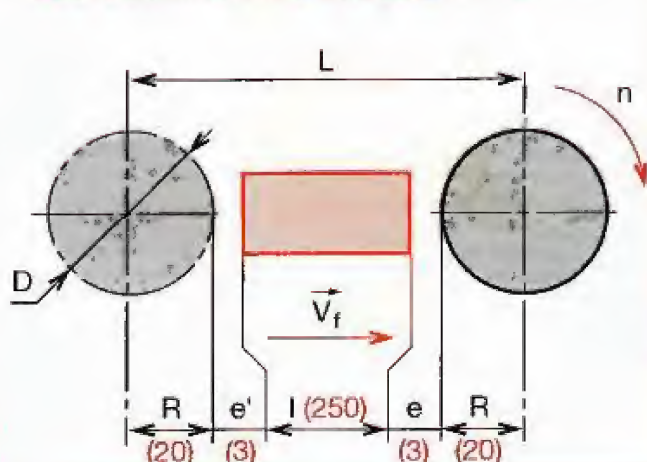
$$T_t = \frac{L}{v_f}$$

#### APPLICATION

$V_c = 300 \text{ m/min}$ ;  $f_z = 0,15 \text{ mm/dent}$ ;  
 $L = 2 \times 20 + 3 + 250 + 3 = 296 \text{ mm}$ ;  
 $n = 1000 V_c / \pi \cdot D = 1000 \times 300 / \pi \times 40 = 2388 \text{ tr/min}$ ;  
 $V_f = f_z \cdot z \cdot n = 1432 \text{ mm/min}$ ;  
 $T_t = L / V_f = 296 / 1432 = 0,2 \text{ min} = 20 \text{ cmin}$ .

#### Données d'usinage :

- Matière usinée : alliage d'aluminium EN AW 2017  
 - Outil : fraise  $\varnothing 40$ , nombre de dents :  $Z = 4$

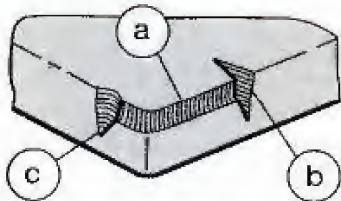
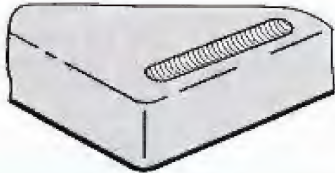
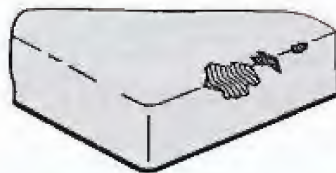






## CAUSES ET SOLUTIONS POSSIBLES

Incidents d'usinage	Usure en dépouille importante	Usure en cratère	Bris de plaquette	Écaillage de l'arête	Arête rapportée	Vibrations	Bourrage	Copeaux trop longs	Mauvais état de surface	Solutions possibles
										Augmenter la vitesse de coupe
										Réduire la vitesse de coupe
										Augmenter l'avance
										Diminuer l'avance
										Diminuer la profondeur de passe
										Sélectionner une nuance plus résistante
										Sélectionner une nuance plus tenace
										Utiliser un angle de coupe plus positif
										Utiliser un angle de coupe plus négatif
										Sélectionner un rayon plus grand
										Sélectionner un rayon plus petit
										Utiliser un brise copeau adapté
										Utiliser un porte-outil plus rigide
										Renforcer le serrage de la pièce
										Réduire le porte-à-faux
										Augmenter la lubrification

## PRINCIPAUX INCIDENTS D'USINAGE

a : usure en dépouille b/c : usure en entaille	Usure en cratère	Écaillage de l'arête
		
	Bris de plaquette 	Arête rapportée 



Le tournage est une opération d'usinage permettant d'obtenir des surfaces de révolution sous l'action d'un outil coupant.

On distingue deux principes fondamentaux de génération d'une surface :

- le travail d'enveloppe,
- le travail de forme.

L'enlèvement des copeaux est obtenu par la combinaison de deux mouvements :

- un mouvement de coupe ( $M_c$ ) obtenu par rotation de la pièce,
- un mouvement d'avance ( $M_f$ ) de l'outil.

À chaque tour  $m$  de la pièce, correspond une avance  $f_n$  de l'outil.

## TRAVAIL D'ENVELOPPE 29.1

Lors de l'usinage, le déplacement d'un « point générateur » du bec de l'outil, suivant une trajectoire donnée, détermine le profil de la surface obtenue\*.

- Le mouvement d'avance  $M_f$  déplace le point générateur suivant la trajectoire donnée.
- Le mouvement de coupe  $M_c$  permet au point générateur de parcourir toute la surface.

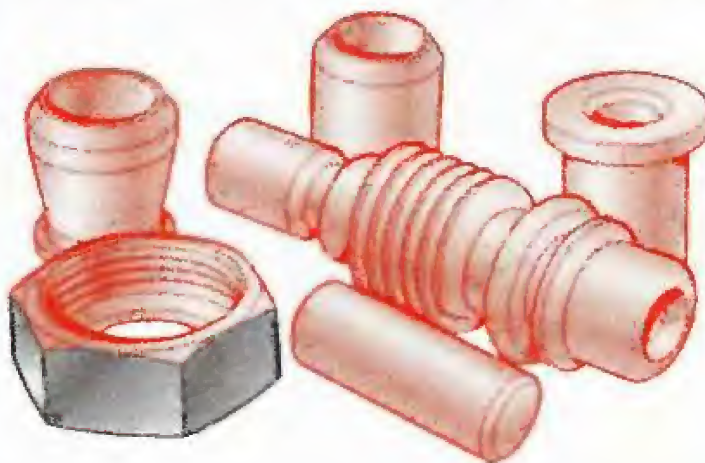
## TRAVAIL DE FORME 29.2

Lors de l'usinage, la forme de l'arête tranchante de l'outil, ou « ligne génératrice » détermine le profil de la surface obtenue\*.

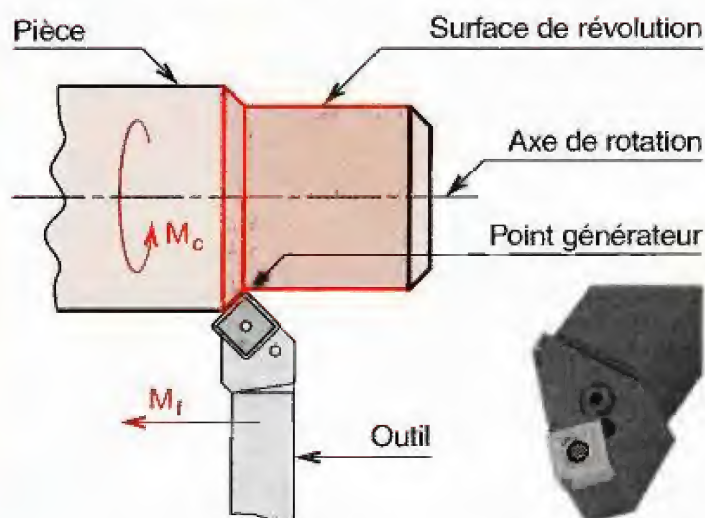
- Le mouvement d'avance  $M_f$  (dit aussi mouvement de pénétration) amène progressivement la ligne génératrice dans sa position finale.
- Le mouvement de coupe  $M_c$  permet à la ligne génératrice de parcourir toute la surface.

\* États de surface : voir chapitres 76 et 77.

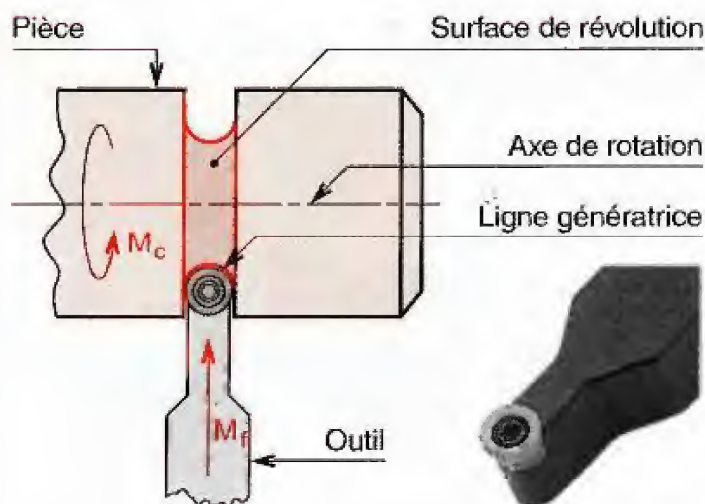
## Exemples de surfaces obtenues par tournage



### Travail d'enveloppe

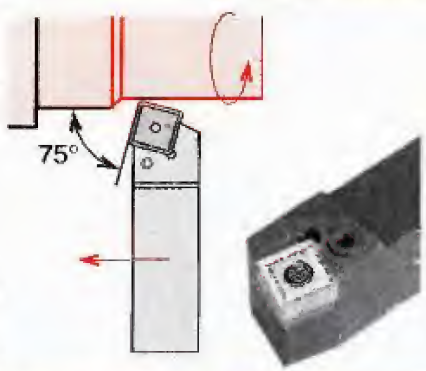
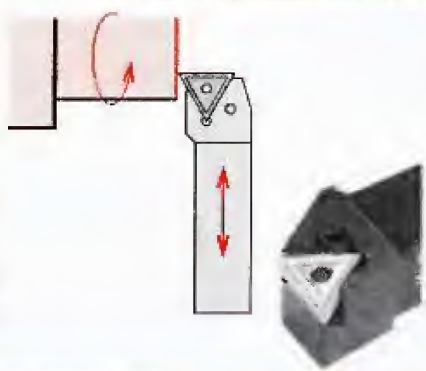
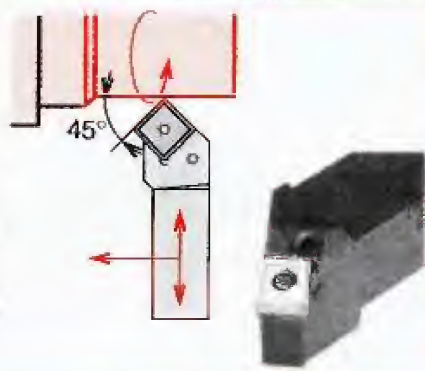
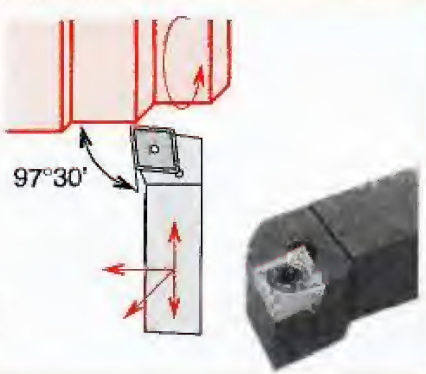
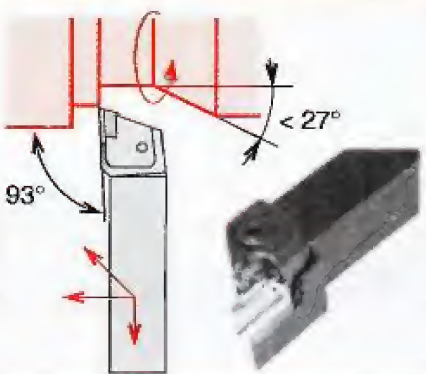
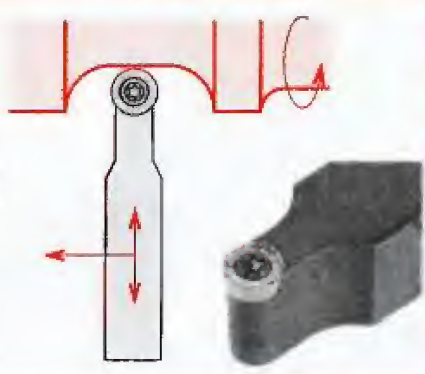
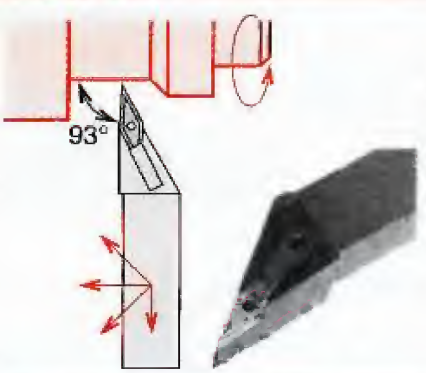
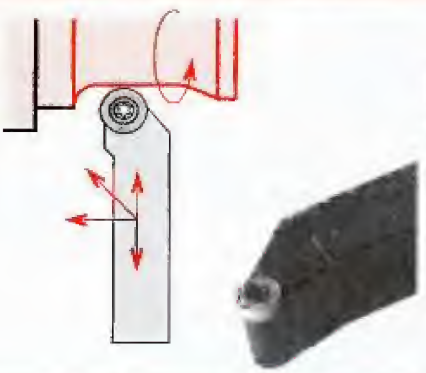
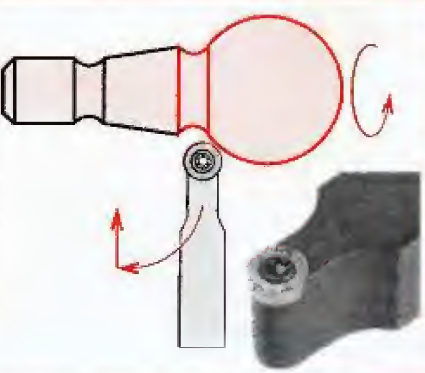
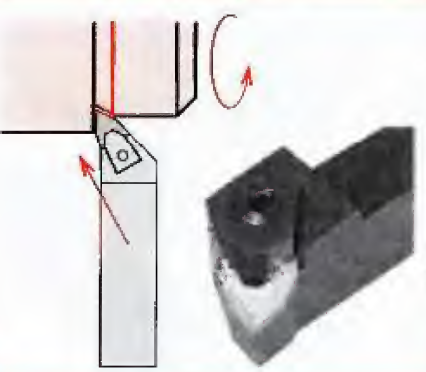
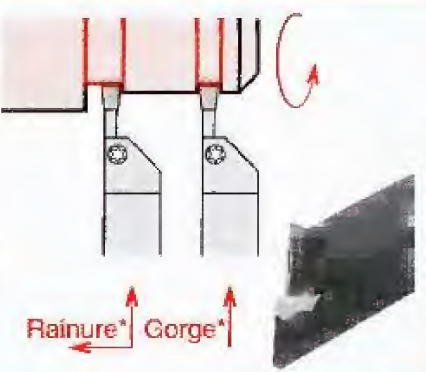
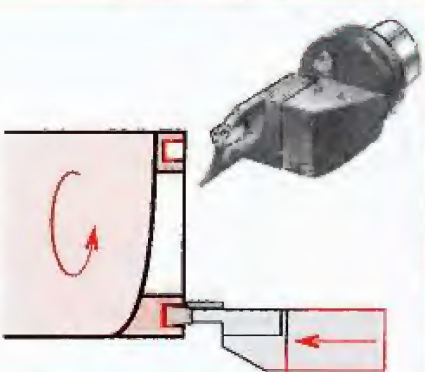


### Travail de forme





## 29.3 PRINCIPALES OPÉRATIONS\*

Chariotage	Dressage	Chariotage - Dressage
		
Chariotage - Dressage - Profilage	Copiage - Exemple 1	Copiage - Exemple 2
		
Copiage - Exemple 3	Copiage - Dressage	Copiage - Profilage
		
Dégagement	Rainurage radial - Gorge	Rainurage axial
		

\* Vocabulaire des formes techniques, voir GPD'T chapitre 10.

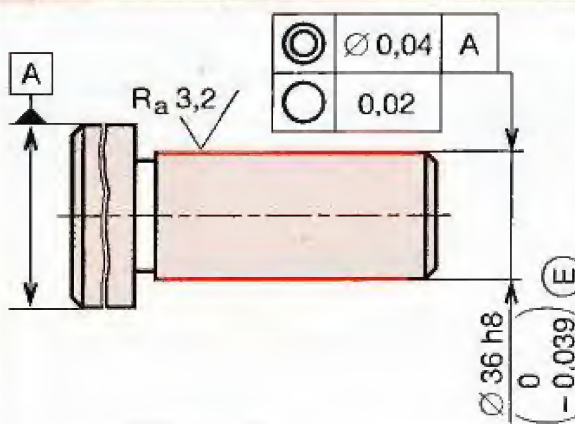
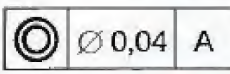
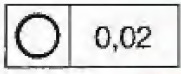
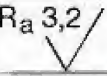
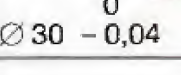
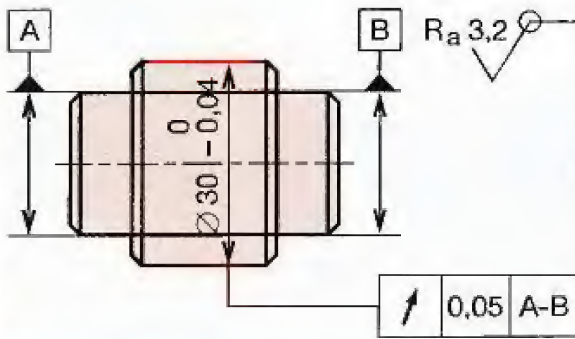
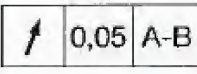
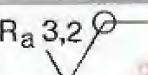
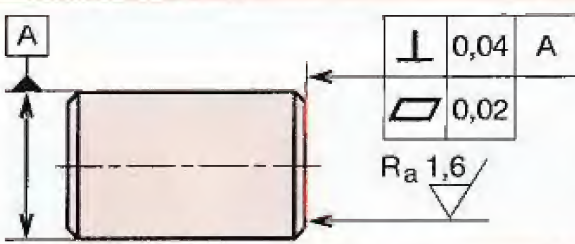
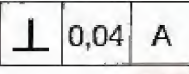
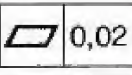
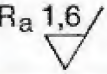
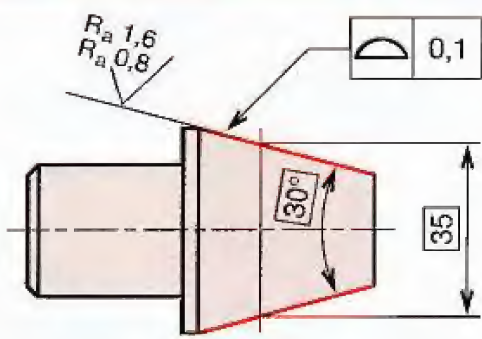
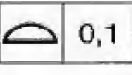



<p><b>Évidement</b></p>	<p><b>Chambrage</b></p>	<p><b>Gorge de dégagement</b></p>
<p><b>Alésage</b></p>	<p><b>Alésage - Dressage</b></p>	<p><b>Copiage intérieur</b></p>
<p><b>Copiage et dégagement d'angle</b></p>	<p><b>Tronçonnage de barre</b></p>	<p><b>Tronçonnage de tube</b></p>
<p><b>Filetage</b></p>	<p><b>Taraudage ou filetage intérieur</b></p>	<p><b>Moletage</b></p>

\* Vocabulaire des formes techniques, voir GPDТ chapitre 10.



## 29.4 IDENTIFICATION DES SURFACES\*

Exemple	Spécification	Signification
<b>Cylindre</b> 	$\varnothing 36 h8$ $\begin{pmatrix} 0 \\ -0,039 \end{pmatrix} \text{ (E)}$ GPD 17.2**	Le cylindre $\varnothing 36 h8$ doit passer dans une bague de contrôle « entre » d'alésage $\varnothing 36$ théoriquement exact. Aucun des diamètres du cylindre doit avoir une valeur inférieure à 35,961.
	 GPD 15.7**	L'axe du cylindre $\varnothing 36 h8$ doit être compris dans une zone cylindrique de $\varnothing 0,04$ coaxiale à l'axe du cylindre A.
	 GPD 16.5**	Le profil de chaque section droite doit être compris entre deux circonférences concentriques dont les rayons diffèrent de 0,02.
	 GPD 15.3**	Limite supérieure de rugosité $R_a 3,2 \mu m$ .
	 GPD 15**	Tout diamètre du cylindre tolérancé doit être compris entre 30 et 20,96.
	$\varnothing 30 - 0,04$	Le battement radial du cylindre $\varnothing 30$ , lors d'une révolution complète de la pièce autour de l'axe des cylindres de référence A et B, ne doit pas dépasser pour chaque position du plan de mesure, la valeur 0,05. Répéter la mesure sur plusieurs sections différentes.
	 GPD 16.8**	
	 GPD 15.2**	La limite supérieure de rugosité $R_a 3,2 \mu m$ est valable pour toutes les surfaces de la pièce.
<b>Plan (disque)</b> 	 GPD 16.6**	La surface plane tolérancée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0,04 et perpendiculaires à l'axe du cylindre de référence A.
	 GPD 16.5**	La surface plane doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0,02.
	 GPD 13.2**	Surface obligatoirement usinée. Limite supérieure de rugosité $R_a 1,6 \mu m$ .
<b>Cône</b> 	$30^\circ$ GPD 19.2**	Angle d'ouverture du cône. Dimension de référence théoriquement exacte.
	$35$ GPD 14.26**	Diamètre de la section droite donnant la position axiale du cône. Dimension de référence théoriquement exacte.
	 GPD 16.5**	La surface conique doit être comprise entre deux surfaces coniques d'ouverture $30^\circ$ et distantes de 0,1.
	 GPD 13.2**	Limite supérieure de rugosité $R_a 1,6 \mu m$ . Limite inférieure de rugosité $R_a 0,8 \mu m$ .

\* Ou analyse des spécifications de dimensions, de formes, de positions et d'états de surfaces.

\*\* Voir l'illustration de la zone de tolérance dans le GPD au paragraphe indiqué.



Ces outils sont essentiellement utilisés pour des petites séries.

Leur utilisation est rentable pour les usinages engendrant des vibrations ou des chocs relativement importants à l'outil.

Ils conviennent bien aux matériaux à copeaux longs, aluminium, laiton, plastiques...

### AVANTAGES

- Facilité d'affûtage.
- Réalisation aisée de profils spéciaux.
- Modification par affûtage des caractéristiques (rayon, brise-copeaux...).
- Fabrication de petites pièces.

### INCONVÉNIENTS

- Vitesse de coupe faible.
- Nécessite une remise en position après réaffûtage.
- Utilisation limitée aux machines conventionnelles pour pièces unitaires ou petites séries.

### Principaux types d'outils

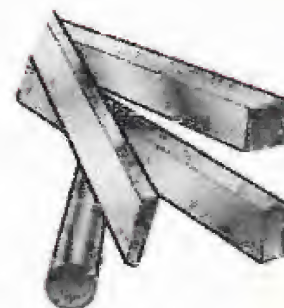
Corps en acier mi-dur



Extrémité en acier rapide soudés par rapprochement électrique

Cl. Orela

### Barreaux traités



Cl. Sandvick

### Porte-barreaux



### NUANCES D'ACIER RAPIDES\*

NF EN 100C27

La désignation comprend successivement les symboles suivants :

- les lettres HS,
- les nombres indiquant la teneur moyenne, en pourcentage, des éléments d'alliage dans l'ordre : tungstène (W), molybdène (Mo), vanadium (V), cobalt (Co).

**HS 8,5-3,5-3,5-11**  
(Sandvick C45)

Cette nuance doit toujours être choisie en priorité. Il s'agit d'un acier rapide, fortement allié, capable de résister à des températures élevées d'arête de coupe.

**HS 6,5-7-6,5-10,6**  
(Sandvick C60)

Cette nuance est un choix alternatif lorsqu'une haute résistance à l'usure ou de bonnes propriétés d'affûtage sont des critères déterminants.

\* Les aciers rapides peuvent être revêtus d'une couche de nitrure de titane (TiN) qui en augmente la dureté et la longévité.



# 30.1 OUTILS DE TOUR À MISE EN ACIER RAPIDE

## OUTILS DROITS À CHARIOTER

NF E 66-361

$h \times b$	$l_1$	$c$	$h \times b$	$l_1$	$c$
10 x 10	100	2	25 x 25	200	5
12 x 12	125	2,5	32 x 32	250	6
16 x 16	150	3	40 x 40	300	8
20 x 20	175	4	-	-	-

EMPLI : Usinage des cylindres, cônes, surfaces planes.

DÉSIGNATION : Outil droit à charioter R 16 q-20°, NF E 66-361.

## OUTILS COUDÉS À CHARIOTER

NF E 66-362

$h \times b$	$l_1$	$c$	$h \times b$	$l_1$	$c$
10 x 10	100	7	25 x 25	200	17
12 x 12	125	9	32 x 32	250	23
16 x 16	150	12	40 x 40	300	29
20 x 20	175	14	-	-	-

EMPLI : Chariotage, dressage et chanfreinage.

DÉSIGNATION : Outil coudé à charioter R 16 q-20°, NF E 66-362.

## OUTILS COUTEAU

NF E 66-363

$h \times b$	$l_1$	$c$	$h \times b$	$l_1$	$c$
10 x 10	100	4	25 x 25	200	10
12 x 12	125	5	32 x 32	250	12
16 x 16	150	6	40 x 40	300	16
20 x 20	175	8	-	-	-

EMPLI : Chariotage et dressage simultanés.

DÉSIGNATION : Outil couteau R 16 q-20°, NF E 66-363.

## OUTILS À DRESSER D'ANGLE

NF E 66-364

$h \times b$	$l_1$	$c$	$h \times b$	$l_1$	$c$
10 x 10	100	5	25 x 25	200	12
12 x 12	125	6	32 x 32	250	16
16 x 16	150	8	40 x 40	300	20
20 x 20	175	10	-	-	-

EMPLI : Dressage et raccordement.

DÉSIGNATION : Outil à dresser d'angle R 16 q-20°, NF E 66-364.

DÉSIGNATION :

Soit l'exemple de l'outil à charioter R 16 q-20°.

R : outil à droite.

q : section carrée.

16 : dimension de la section.

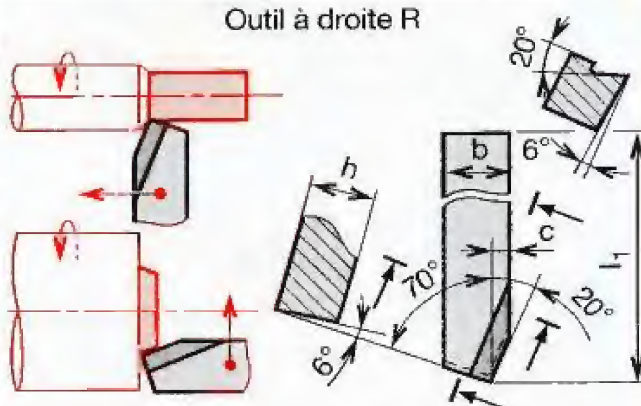
20° : angle de coupe.

## REMARQUES

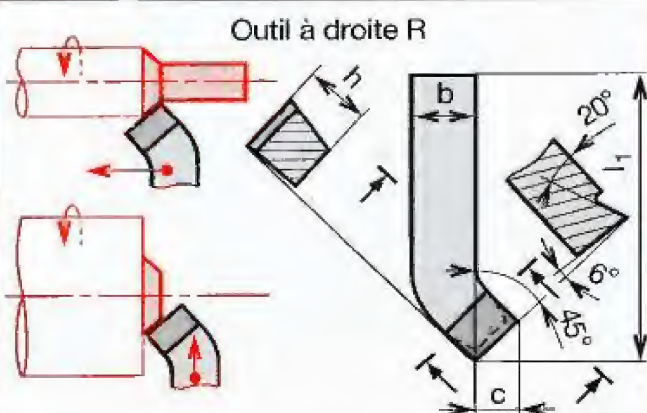
■ L'outil à gauche a pour symbole L (voir représentation § 23.5).

■ Les valeurs des angles de coupe varient en fonction des matériaux usinés (voir § 23.3).

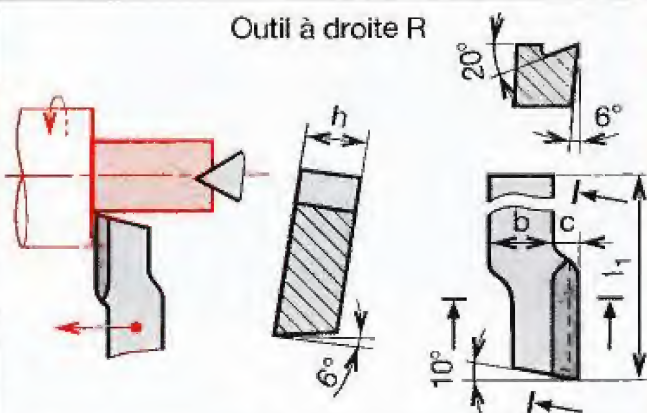
Outil à droite R



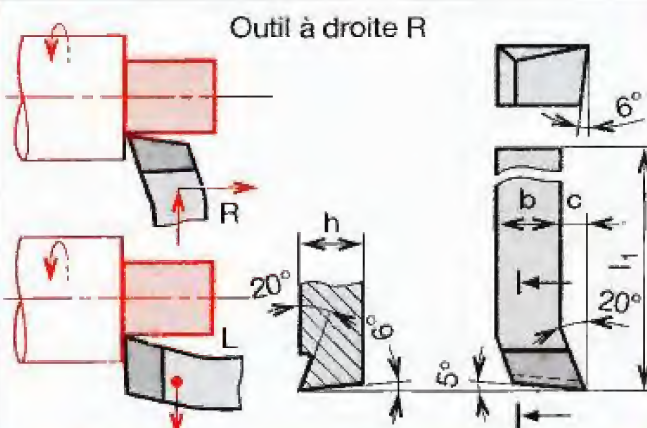
Outil à droite R



Outil à droite R

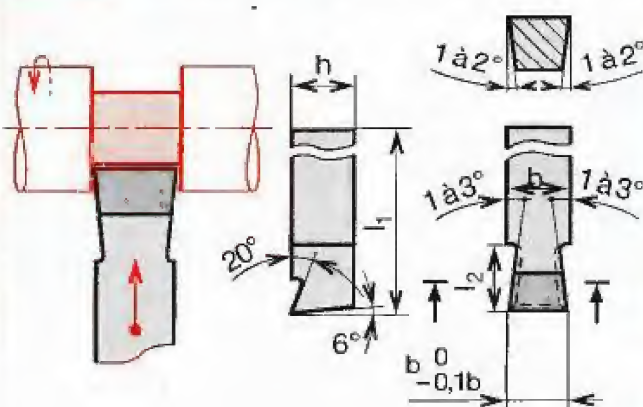


Outil à droite R

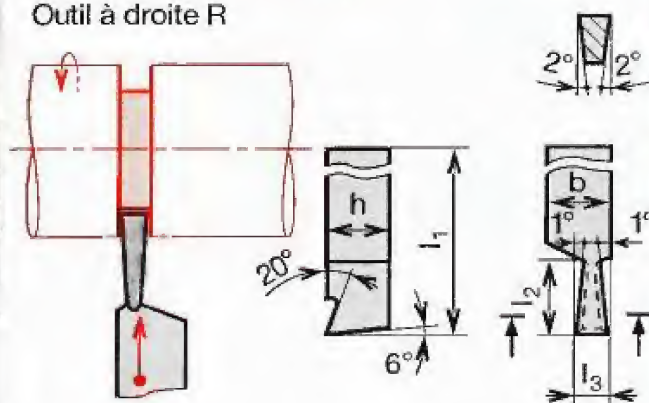




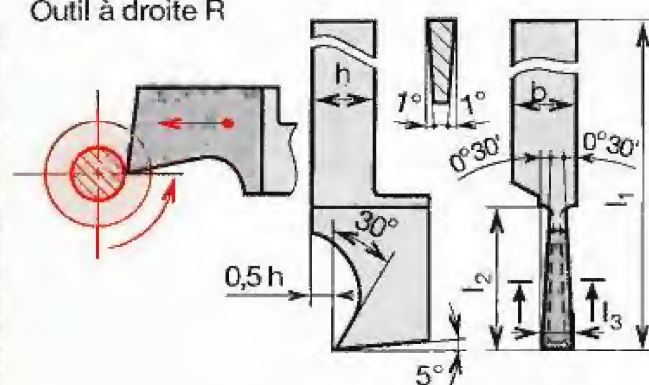
## 30.2 OUTILS DE TOUR À MISE EN ACIER RAPIDE



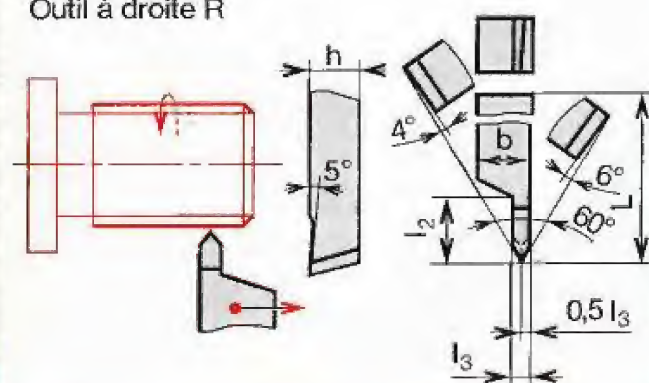
Outil à droite R



Outil à droite R



Outil à droite R



### OUTILS PELLE

NF E 66-366

$h \times b$	$l_1$	$l_2$	$h \times b$	$l_1$	$l_2$
10 x 10	100	10	25 x 25	200	25
12 x 12	125	12	32 x 32	250	32
16 x 16	150	16	40 x 40	300	40
20 x 20	175	20	-	-	-

EMPLOI : Rainurage de grande dimension.

DÉSIGNATION : Outil pelle 16 q-20°, NF E 66-366.

### OUTILS À SAIGNER

NF E 66-367

$h \times b$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$h \times b$	$l_1$	$l_2$	$l_3$
10 x 10	100	12	4	25 x 25	200	32	8
12 x 12	125	16	4	32 x 32	250	40	10
16 x 16	150	20	5	40 x 40	300	50	12
20 x 20	175	25	6	-	-	-	-

EMPLOI : Rainurage de petite dimension.

DÉSIGNATION : Outil à saigner R 16 q-20°, NF E 66-367.

### OUTILS À TRONÇONNER

NF E 66-368

$h \times b$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$h \times b$	$l_1$	$l_2$	$l_3$
10 x 10	100	25	4	20 x 20	175	45	6
12 x 12	125	30	4	25 x 25	200	55	7
16 x 16	150	35	5	30 x 30	250	70	8

EMPLOI : Tronçonnage.

DÉSIGNATION : Outil à tronçonner R 16 q-30°, NF E 66-368.

DÉSIGNATION :

Soit l'exemple de l'outil à saigner R 16 q-20°.

R : outil à droite.

q : section carrée.

16 : dimension de la section.

20° : angle de coupe.

### REMARQUES

■ L'outil à gauche a pour symbole L.

■ Les valeurs des angles de coupe varient en fonction des matériaux usinés (voir § 23.3).

### OUTILS À FILETER EXTÉRIEUREMENT À MISE RAPPORTÉE EN ACIER RAPIDE

NF E 66-369

$h \times b$	L	$l_2$	$l_3$	$h \times b$	L	$l_2$	$l_3$
10 x 10	100	12	4	20 x 20	175	25	6
12 x 12	125	16	4	25 x 25	200	32	8
16 x 16	150	20	5	32 x 32	250	40	10

EMPLOI : Filetage extérieur à droite ou à gauche.

DÉSIGNATION : Outil à fileter extérieurement R 16 q-5°, NF E 66-369.



### 30.3 OUTILS DE TOUR À MISE EN ACIER RAPIDE

#### OUTIL À ALÉSER

NF E 66-370

b	d	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	c	D <sub>min</sub>	b	d	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	c	D <sub>min</sub>
6	6	125	30	2,5	11	16	16	210	63	6	27
8	8	140	35	3	14	20	20	250	80	8	34
10	10	160	40	4	18	25	25	300	100	10	43
12	12	180	50	5	21	32	32	355	125	12	52

EMPLI : Alésage de cylindres ou de cônes à partir d'un trou brut ou ébauché.

DÉSIGNATION : Outil à aléser 16 q-20°, NF E 66-370.

#### OUTIL À ALÉSER ET À DRESSER

NF E 66-371

b	d	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	c	D <sub>min</sub>	b	d	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	c	D <sub>min</sub>
6	6	125	30	2,5	11	16	16	210	63	6	27
8	8	140	35	3	14	20	20	250	80	8	34
10	10	160	40	4	18	25	25	300	100	10	43
12	12	180	50	5	21	32	32	355	125	12	52

EMPLI : Alésage et dressage à partir d'un trou.

DÉSIGNATION : Outil à aléser et à dresser 16 q-20°, NF E 66-371.

#### OUTIL À CHAMBRER

NF E 66-372

b	d	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	c	D <sub>min</sub>	b	d	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	c	D <sub>min</sub>
6	6	125	30	3	4	12	16	16	210	63	6	10	28
8	8	140	35	3,5	5	14	20	20	250	80	8	12	35
10	10	160	40	4	6	18	25	25	300	100	9	16	43
12	12	180	50	5	8	22	-	-	-	-	-	-	-

EMPLI : Chambrage. Exécution de gorges intérieures.

DÉSIGNATION : Outil à chamber 16 q-5°, NF E 66-372.

#### OUTIL À FILETER INTÉRIEUREMENT

NF E 66-373

b	d	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	c	D <sub>min</sub>	b	d	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	c	D <sub>min</sub>
6	6	125	30	3	4	12	16	16	210	63	6	10	28
8	8	140	35	3,5	5	14	20	20	250	80	8	12	35
10	10	160	40	4	6	18	25	25	300	100	9	16	43
12	12	180	50	5	8	22	-	-	-	-	-	-	-

EMPLI : Filetage intérieur à droite ou à gauche.

DÉSIGNATION : Outil à fileter intérieurement 16 q-5°, NF E 66-373.

DÉSIGNATION :

Soit l'exemple de l'outil à aléser R 16 q-20°.

R : outil à droite.

16 : dimension de la section.

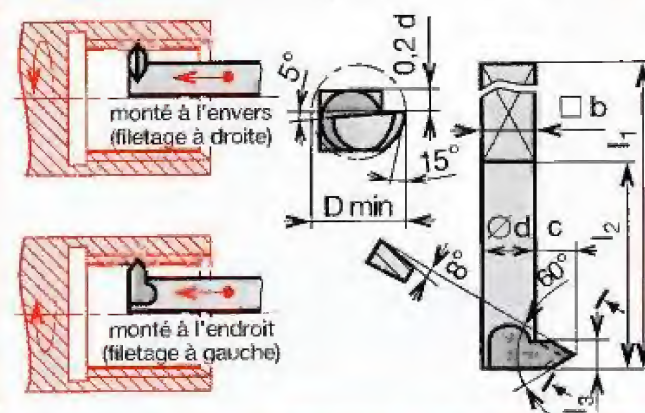
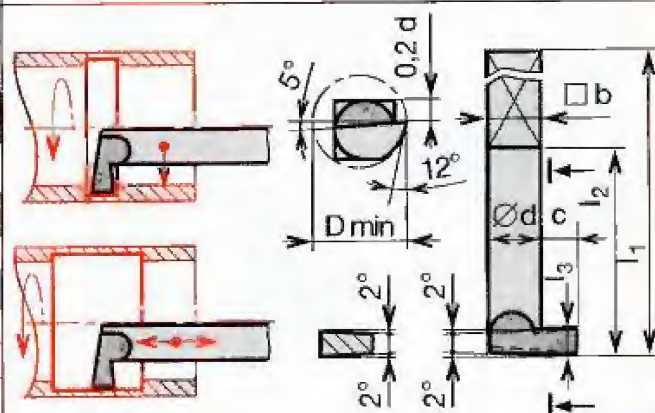
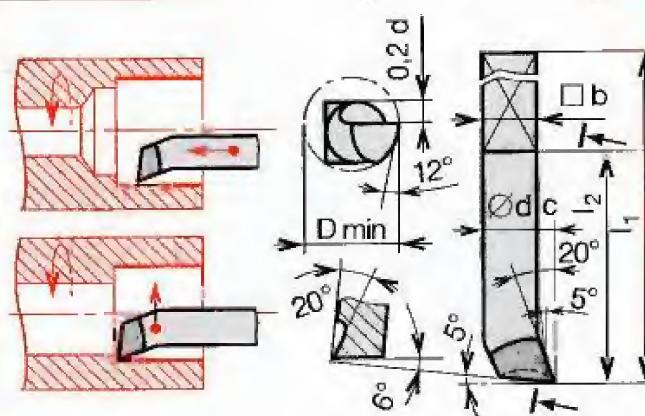
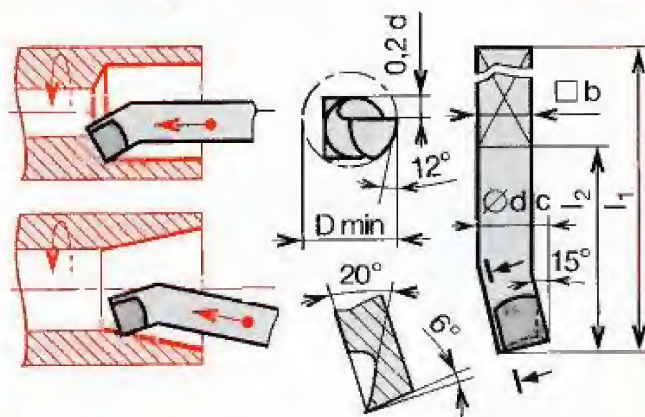
q : section carrée.

20° : angle de coupe.

#### REMARQUES

■ L'outil ayant une section ronde a pour symbole r. Son diamètre est égal à d.

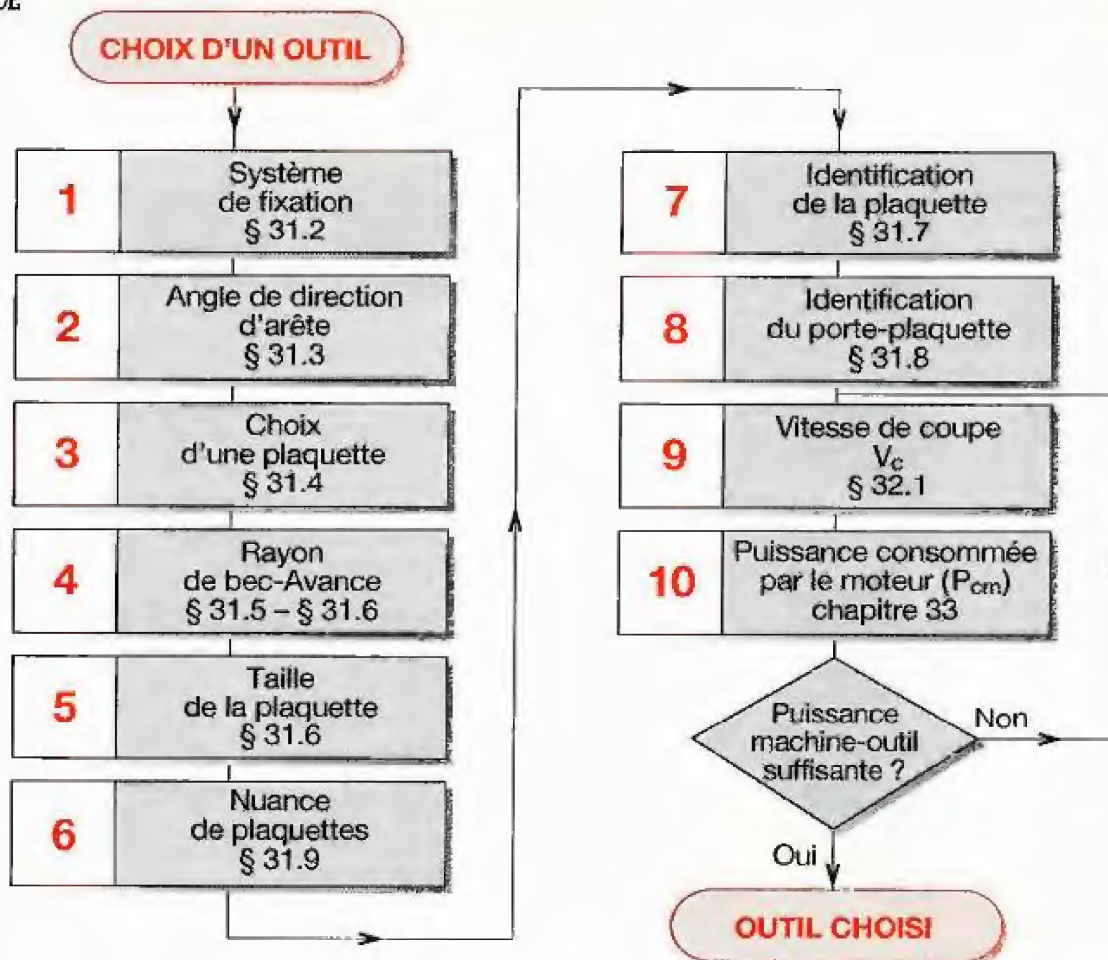
■ Les valeurs des angles de coupe varient en fonction des matériaux usinés (voir § 23.3).





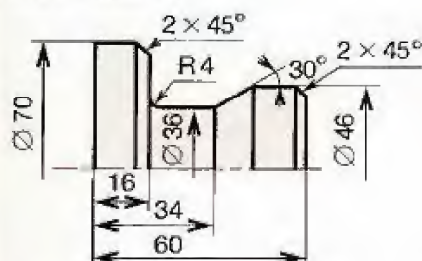
## 31.1 CHOIX D'UN OUTIL

## MÉTHODE



## APPLICATION

## Dessin de définition



Tolérances générales ISO 2768m-K

## On donne :

- Dessin de définition
- Matière : C35
- Tour CN
- Puissance du moteur de broche : 12 kW

## On demande :

- Outil d'ébauche
- $f$
- $V_c$
- $a_p$
- Outil de finition
- $f$
- $V_c$
- $a_p$



## T-MAX P



à vis et à bride

## T-MAX U



à vis

## Outil d'ébauche

Porte-plaquette : PDJNL 16 16 H 11  
 Plaquette : DNMG 11 04 08 QM 4025  
 $V_c = 280$   $f = 0,4$  mm/tr  $a_p = 2$  mm

## Outil de finition

Porte-plaquette : SDJCL 16 16 H 11  
 Plaquette : DCMT 11 T3 04 UF 415  
 $V_c = 440$   $f = 0,1$  mm/tr  $a_p = 0,4$  mm



## 31.2 CHOIX D'UN SYSTÈME DE FIXATION

En fonction des applications, il existe différents systèmes de fixation. Pour guider le choix, il est attribué à chaque système de fixation des valeurs de 1 à 5 exprimant des recommandations. À la valeur 5 correspond le meilleur choix.

Systèmes de fixation	T-MAX P	T-MAX U	T-MAX S	T-MAX																																			
	à levier 	à vis 	à bride 	à bride 	à bride 																																		
	à bride-coin 	<b>EXEMPLE D'APPLICATION</b>  Soit à choisir un système de fixation pour l'ébauche extérieure du guide de la monture équatoriale (§ 9.1). Le système de fixation est déterminé par l'addition des chiffres ci-dessous. On retient comme système de fixation celui qui a le total le plus élevé.																																					
	à coin 																																						
	à vis et à bride 																																						
	<table><tr><th>Critères</th><th>T-MAX P</th><th>T-MAX U</th><th>T-MAX S</th><th colspan="2">T-MAX</th></tr><tr><td>Ébauche extérieure</td><td>5</td><td>2</td><td>2</td><td>4</td><td>4</td></tr><tr><td>Évacuation des copeaux</td><td>5</td><td>5</td><td>3</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>Temps d'indexage</td><td>5</td><td>2</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>Accessibilité</td><td>4</td><td>5</td><td>–</td><td>–</td><td>5</td></tr><tr><td><b>TOTAL</b></td><td><b>19</b></td><td><b>14</b></td><td><b>9</b></td><td><b>8</b></td><td><b>15</b></td></tr></table>					Critères	T-MAX P	T-MAX U	T-MAX S	T-MAX		Ébauche extérieure	5	2	2	4	4	Évacuation des copeaux	5	5	3	2	3	Temps d'indexage	5	2	4	2	3	Accessibilité	4	5	–	–	5	<b>TOTAL</b>	<b>19</b>	<b>14</b>	<b>9</b>
Critères	T-MAX P	T-MAX U	T-MAX S	T-MAX																																			
Ébauche extérieure	5	2	2	4	4																																		
Évacuation des copeaux	5	5	3	2	3																																		
Temps d'indexage	5	2	4	2	3																																		
Accessibilité	4	5	–	–	5																																		
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>	<b>14</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>15</b>																																		
Le système de fixation T-MAX P ayant le plus fort total est choisi.																																							
Ébauche extérieure	5	2	2	4	4																																		
Finition extérieure	4	5	4	2	4																																		
Ébauche intérieure	5	2	2		4																																		
Finition intérieure	4	5	5		4																																		
Évacuation des copeaux	5	5	3	2	3																																		
Temps d'indexage	5	2 (4)**	4	2	3																																		
Accessibilité	4	5			5																																		
Formes de plaquettes	 																																						
Types de plaquettes																																							

\* D'après Sandvik-Coromant. \*\* Avec vis U-Lock excentrique.



## OPÉRATIONS ÉLÉMENTAIRES

Chariotage		Remontée de face		Dressage de face		Copiage pente ascendante		Copiage pente descendante	
Forme plaquette	Outil et forme usinée	Mouvement	Porte-outil	Plaquette	Forme plaquette	Outil et forme usinée	Mouvement	Porte-outil	Plaquette
C 			PCLN	CNMM	T 			PTGN	TNMM
			PCBN	CNMG CNGA CNMA				MTJN	
D 			PDJN (SDJC)	DNMM DNMG				R/L 169.3	TNMG
			SDNCN	DNGA DNMA				PTTN	TNGA
K 			CKJN	KNMX KNUX				PTDN	TNMA
								PTFN	
R 			PRGN	RCMX	V 			SVJB	VBGT
			PRGC	RCMT RNMG				SVJB	VBMT
S 			PSRN	SNMM				SVBN	VCGX
			PSSN	SNMG					
			PSDNN	SNGA	W* 			PWLN	WNMG
			PSKNR	SNMA					

\* Plaquette « trigone » (trois angles à 80°).



# 31.4 CHOIX D'UNE PLAQUETTE - GÉOMÉTRIE - NUANCE - $V_c, f, a_p$

Code ISO	HB*	Matière	Type d'opération (finition, ébauche...)	T-MAX P**							T-MAX U**						
				Plaque				Conditions de coupe			Plaque				Conditions de coupe		
				** Géométrie	*** Nuance	**** Plaque	$r_e$ (mm)	$a_p$ (mm)	$f$ (mm/tr)	$V_c$ (mm/min)	** Géométrie	*** Nuance	$r_e$ (mm)	$a_p$ (mm)	$f$ (mm/tr)	$V_c$ (mm/min)	
P	150	Acier au carbone non allié	Super-finition	QF	4015	G	04	0,5	0,12	433	-	-	-	-	-	-	
			Finition	PF	4015	G	08	0,5	0,2	395	UF	4015	04	0,5	0,1	442	
			Demi-finition	PM	4025	G	08	3	0,3	310	UM	4025	08	1,25	0,25	333	
			Ébauche	MR	4025	G	12	4	0,6	230	UR	4025	08	2	0,3	312	
			Ébauche	PR	4025	M	12	5	0,4	280	-	-	-	-	-	-	
			Ébauche lourde	HR	4025	M	16	10	0,8	195	-	-	-	-	-	-	
		180	Acier faiblement allié	Super-finition	QF	4015	G	04	0,5	0,12	369	-	-	-	-	-	-
				Finition	PF	4015	G	08	0,5	0,2	330	UF	4015	04	0,5	0,1	380
				Demi-finition	PM	4025	G	08	3	0,3	255	UM	4025	08	1,25	0,25	273
				Ébauche	MR	4025	G	12	4	0,6	185	UR	4025	08	2	0,3	256
				Ébauche	PR	4025	M	12	5	0,4	225	-	-	-	-	-	-
				Ébauche lourde	HR	4025	M	16	10	0,8	155	-	-	-	-	-	-
	200	Acier fortement allié recuit	Super-finition	QF	4015	G	04	0,5	0,12	339	-	-	-	-	-	-	
			Finition	PF	4015	G	08	0,5	0,2	295	UF	4015	04	0,5	0,1	352	
			Demi-finition	PM	4025	G	08	3	0,3	220	UM	4025	08	1,25	0,25	232	
			Ébauche	MR	4025	G	12	4	0,6	165	UR	4025	08	2	0,3	219	
			Ébauche	PR	4025	M	12	5	0,4	195	-	-	-	-	-	-	
			Ébauche lourde	HR	4025	M	16	10	0,8	143	-	-	-	-	-	-	
		200	Acier coulé faiblement allié	Super-finition	QF	4015	G	04	0,5	0,12	220	-	-	-	-	-	-
				Finition	PF	4015	G	08	0,5	0,2	195	UF	4015	04	0,5	0,1	227
				Demi-finition	PM	4015	G	08	3	0,3	175	UM	4025	08	1,25	0,25	161
				Ébauche	MR	4025	G	12	4	0,6	110	UR	4025	08	2	0,3	151
				Ébauche	PR	4025	M	12	5	0,4	135	-	-	-	-	-	-
				Ébauche lourde	HR	4025	M	16	10	0,8	95	-	-	-	-	-	-
M	180	Acier inox austénitique en barre	Finition	MF	215	G	08	1	0,2	243	UF	215	04	0,5	0,1	247	
			Demi-finition	QM	4035	G	12	3	0,3	175	UM	4035	08	1,25	0,2	196	
			Ébauche	MR	4035	G	16	5	0,5	134	UR	4035	12	2	0,3	175	
			Ébauche	QR	4035	M	16	5	0,5	134	-	-	-	-	-	-	
			Ébauche lourde	HR	4035	M	16	10	0,8	97	-	-	-	-	-	-	
K	H	260	Fonte forte résistance grise perlitique	Super-finition	QF	4015	G	08	0,5	0,15	237	-	-	-	-	-	
				Finition	QM	4015	G	08	1,5	0,25	200	UF	4015	04	0,5	0,1	260
				Demi-finition	MR	4015	G	12	4	0,4	160	UM	4025	08	1,2	0,25	190
				Ébauche	NMA	4015	A	12	4	0,45	150	UR	4025	12	2	0,3	175
	250	Fonte modulaire perlitique	Super-finition	QF	4015	G	08	0,5	0,15	181	-	-	-	-	-	-	
			Finition	QM	4015	G	08	1,5	0,25	158	UF	4015	04	0,5	0,1	192	
			Demi-finition	MR	4015	G	12	4	0,4	132	UM	4025	08	1,2	0,25	151	
			Ébauche	NMA	4015	A	12	4	0,45	125	UR	4025	12	2	0,3	141	
	HRC 59	Acier dur	Finition	NMA	CB20	A	08	0,2	0,1	150	CMW	CB20	08	0,2	0,1	150	
			Demi-finition	NGA	CC650	A	12	0,2	0,15	120	-	-	-	-	-	-	
	N	90	Alliages d'aluminium	Finition	-	-	-	-	-	-	CMW	CD10	04	0,5	0,1	2000	
				Demi-finition	-23	H13A	G	12	3	0,35	2000	AL	CD1810	08	1,5	0,3	2000
				Ébauche	-	-	-	-	-	-	-	AL	H10	12	1,5	0,3	2000

\* HB : dureté Brinell ( $R_f = 0,35$  HB) pour les aciers § 28.2. \*\* Ponce-plaquette Sandvik. \*\*\* Géométrie de la plaquette selon Sandvik, § 23.4 et 31.9. \*\*\*\* Nuance Sandvik, § 32.1.

\*\*\*\* G : réversible ; M : non réversible ; A : plane trouée ; N : plane non trouée.



## 31.5 CHOIX DU RAYON DE BEC $r_E$ ET DE L'AVANCE $f$

Le choix du rayon de bec est fonction de l'opération à effectuer, ébauche ou finition.

### ÉBAUCHE

- Choisir le rayon de bec le plus grand possible pour obtenir une arête de coupe robuste.
- Un grand rayon de bec permet des avances plus importantes.
- S'il y a des risques de vibrations, choisir un rayon de bec plus petit.
- L'avance choisie ne doit pas dépasser les valeurs maximales du tableau ci-dessous.
- Dans la pratique, l'avance  $f$  (mm/tr) peut être calculée à l'aide de la formule suivante :

$$f_{\text{ébauche}} = 0,5 \times \text{rayon de bec}$$

- Le tableau des avances maximales  $f$  est établi sur la base de l'avance maximale  $f = \frac{2}{3} \times r_E$ .
- Les avances les plus élevées s'appliquent :
  - aux plaquettes non réversibles,
  - aux angles de pointes  $\epsilon_r \geq 60^\circ$ ,
  - aux angles de direction d'arête  $\kappa_r < 90^\circ$ ,
  - aux matériaux facilement usinables à une vitesse de coupe modérée.

### AVANCE MAXIMALE $f$ ET RAYON DE BEC $r_E$

$r_E$	0,4	0,8	1,2	1,6	2,4
$f$ (mm/tr)	0,25 à 0,35	0,4 à 0,7	0,5 à 1	0,7 à 1,3	1 à 1,8

### FINITION

L'état de surface et les tolérances dépendent de la combinaison rayon de bec/avance ainsi que de la stabilité de la pièce, du système de fixation des plaquettes et de l'état de la machine.

### RÈGLES GÉNÉRALES

- L'état de surface peut être amélioré par le choix d'une vitesse de coupe plus élevée et d'un angle de coupe positif ( $\gamma_n \geq 0$ ).
- Diminuer le rayon de bec s'il y a des risques de vibrations.
- Les nuances non revêtues donnent généralement un meilleur état de surface que les nuances revêtues.

### APPLICATIONS

#### Choix d'un rayon de bec pour une opération d'ébauche :

Soit  $f = 0,5$  mm/tr l'avance imposée par le contrat de phase. Le tableau ci-contre donne un rayon  $r_E = 0,8$ .

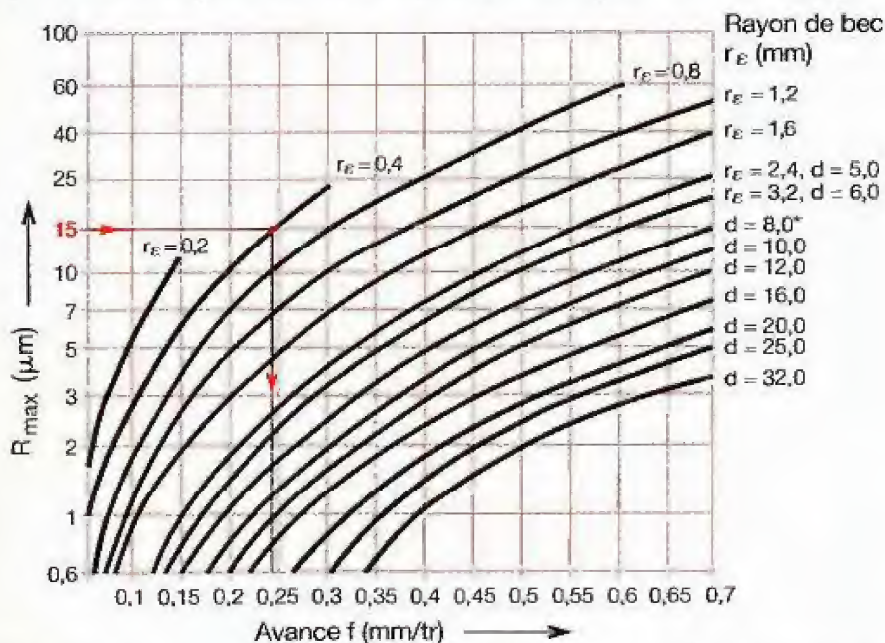
#### Choix d'une avance d'ébauche pour un rayon de bec connu et imposé :

Soit le rayon d'outil connu  $r_E = 1,2$ .

Le tableau ci-contre indique  $0,5 \leq f \leq 1$ .

Le calcul donne :  $f = \frac{2}{3} \times r_E = \frac{2}{3} \times 1,2 = 0,8$  mm/tr.

### CHOIX DU COUPLE RAYON DE BEC $r_E$ ET DE L'AVANCE POUR OBTENIR EN ÉTAT DE SURFACE $R_{\max}$



$R_{\max}$ ( $\mu\text{m}$ )	$R_a$ ( $\mu\text{m}$ )	$R_{\max}$ ( $\mu\text{m}$ )	$R_a$ ( $\mu\text{m}$ )
1,6	0,30	7,0	1,4
1,8	0,35	8,0	1,6
2,0	0,40	9,0	1,8
2,2	0,44	10,0	2,0
2,4	0,49	15,0	3,2
2,6	0,53	20,0	4,4
2,8	0,58	25,0	5,8
3,0	0,63	27,0	6,3
3,5	0,71	30,0	7,4
4,0	0,80	35,0	8,8
4,5	0,90	40,0	10,7
5,0	0,99	45,0	12,5
6,0	1,2	50,0	14,0

**APPLICATION :** L'état de surface à obtenir est  $R_{\max} = 15 \mu\text{m}$  ( $R_a = 3,2 \mu\text{m}$ ), le rayon de l'outil est connu, soit  $r_E = 0,4$ . L'abaque donne une avance  $f = 0,25$  mm/tr.

L'état de surface  $R_a = 3,2 \mu\text{m}$  est équivalent à  $R_{\max} = 15 \mu\text{m}$ .

\*  $d$  = diamètre de la plaquette circulaire (type R).



## 31.6 TAILLE D'UNE PLAQUETTE

### 31.61 DÉTERMINATION DE LA LONGUEUR EFFECTIVE $l_a$

1° Calculer la plus grande profondeur de passe  $a_p$  à effectuer sur la pièce à usiner. Par exemple pour une pièce à ébaucher en plusieurs passes, il faut déterminer la profondeur de passe maximale en fonction de la puissance disponible à la broche (voir le calcul de puissance chapitre 33).

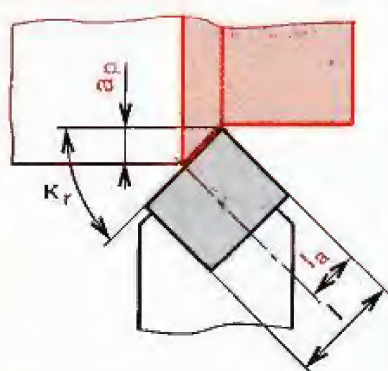
2° Déterminer la longueur effective  $l_a$  de l'arête en fonction de l'angle de direction d'arête  $\kappa_r$  et de la pénétration  $a_p$ .

#### APPLICATION

$$l_a = \frac{a_p}{\sin \kappa_r}$$

$$a_p = 3 ; \kappa_r = 30^\circ$$

$$l_a = \frac{3}{\sin 30^\circ} = \frac{3}{0,5} = 6 \text{ mm.}$$



Angle de direction d'arête ( $\kappa_r$ )	Profondeur de coupe $a_p$ en mm										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
90°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
75°	1,1	2,1	3,1	4,2	5,2	6,2	7,3	8,3	9,3	11	16
60°	1,2	2,3	3,5	4,7	5,8	7	8,2	9,3	11	12	18
45°	1,4	2,9	4,3	5,7	7,1	8,5	10	12	13	15	22
30°	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	30
15°	4	8	12	16	20	24	27	31	35	39	58

### 31.62 DÉTERMINATION DE LA LONGUEUR NOMINALE $l$ DE L'ARÊTE\*


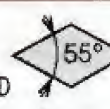
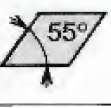
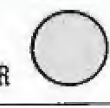
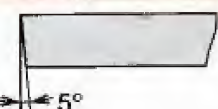
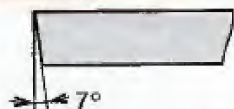

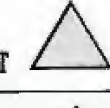
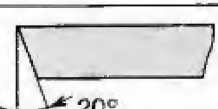
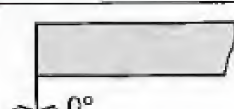
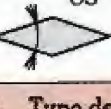


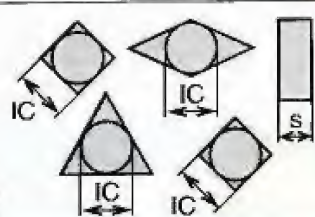







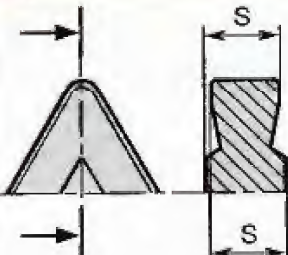
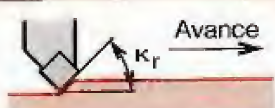
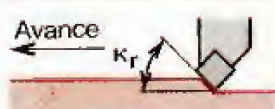
La détermination de la longueur nominale  $l$  de l'arête est fonction de la longueur effective  $l_a$ .

**EXEMPLE :** Pour une plaquette de finition rectangulaire de type SNMG-MF avec  $l_a = 3 \Rightarrow l_a \geq 3 l_a = 3 \times 3 = 9$ .

<p><math>l_a \max = 1/2 \times l</math> <math>l \geq 2 l_a</math></p>	TOGX-AL TCMW TCMT-UR TNGA TNGN TNMA TNMG TNMG-15 TNMG-23 TNMG-QM TNMG-SM TNMG-MR TNMG-HR TNMG-QR TNMG TNMG-41 TNMG-71 TNUN TPGN TPGR TPMR TPUN	<p><math>l_a \max = 2/3 \times l</math> <math>l \geq 3/2 l_a</math></p>	SCMW SCMT-UR SNGN SNGA SNMA SNMG SNMG-15 SNMG-23 SNMG-MR SNMG-QM SNMG-SM SNMM SNMM-31 SNMM-41 SNMM-71 SNMM-HR SNMM-QR SNUN SPGN SPGR SPMR SPUN	<p><math>l_a \max = 1/2 \times l</math> <math>l \geq 2 l_a</math></p>	DOGX-AL DCMW DCMT-UR DNMA DNMA DNMG-15 DNMG-23 DNMG-SM DNMG-QM CNMG-MR DNMG-71 DNMG-QR	<p><math>l_a \max = 1/4 \times l</math> <math>l \geq 4 l_a</math></p>	DOGT-UM DCMT-UF DCMT-UM DNMG-61 DNMG-FL DNMG-MF DNMG-QF
<p><math>l_a \max = 1/4 \times l</math> <math>l \geq 4 l_a</math></p>	TOGR TOGT-UM TCMT-UF TCMT-UM TNMG-61 TNMG-MF TNMG-QF TNMG-FL TPGR-21 TPMR-21 TPMR-53	<p><math>l_a \max = 1/3 \times l</math> <math>l \geq 3 l_a</math></p>	SCMT-UF SCMT-UM SNMG-MF SNMG-61 SNMG-QF SPMR-53	<p><math>l_a \max = 2/3 \times l</math> <math>l \geq 3/2 l_a</math></p>	COGX-AL CCMW CCMT-UR CNGA CNMA CNMG CNMG-15 CNMG-23 CNMG-MR CNMG-SM CNMG-QM CNMG CNMG-62 CNMG-71 CNMG-HR CNMG-QR	<p><math>l_a \max = 1/3 \times l</math> <math>l \geq 3 l_a</math></p>	COGT-UM CCMT-UF CCMT-UM CNMG-MF CNMG-61 CNMG-QF CNMG-FL
<p><math>l_a \max = 0,4 \times l</math> <math>d \geq 2,5 l_a</math></p>	RCMT RCMX RCGX RCMX-E RBMG RNGN	<p><math>l_a \max = 1/4 \times l</math> <math>l \geq 4 l_a</math></p>	VBGT-UM VBMW VBMT-UR VCGX-AL VBMG VBMG-MF VBMG-15 VBMG-QM VBMT-UM VBMT-UF	<p><math>l_a \max = 1/2 \times l</math> <math>l \geq 2 l_a</math></p>	KNMX-71 KNMX-73 KNMX-11 KNUX-12 KNUX-13 KNUXF-13	<p><math>l_a \max = 1/4 \times l</math> <math>l \geq 4 l_a</math></p>	WVMG-MF WVMG-MR WVMG-QM WVMG-SM



### 31.7 IDENTIFICATION DES PLAQUETTES CARBURE

1 Forme de plaquette et angle de dégagement $E_r$		C	N	M	G	12	04	08			QM			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
<div>C</div>  <div>D</div> 		2 Angle de dépouille de l'arête principale $\alpha_n$							3 Tolérances sur s et IC					
<div>K</div>  <div>R</div> 		<div>B</div>  <div>C</div> 							Classe	s	IC			
<div>S</div>  <div>T</div> 		<div>E</div>  <div>N</div> 							G	$\pm 0,13$	$\pm 0,025$			
<div>V</div>  <div>W</div> 		<div>P</div>  <div>O</div> <div>Description spéciale</div>							*Varie selon la valeur de IC voir tableau ci-dessous.					
														
4 Type de plaquette		5 Taille de plaquette = longueur d'arête en mm								Cercle inscrit IC (mm)		Classe de tolérance M U		
<div>A</div>  <div>M</div> 		IC (mm)	C	D	R	S	T	V	W	K	3,97			
<div>G</div>  <div>R</div> 		3,97					06				5,0			
<div>N</div>  <div>W</div> 		5,0			05		09				5,56			
<div>T</div>  <div>X</div> <div>Modèle spécial</div>		5,56									6,0			
		6,0		06				11	11		6,35	$\pm 0,05$	$\pm 0,08$	
		6,35	06	07							8,0			
		8,0			08						9,525			
		9,0			09						10,0			
		9,525	09	11	09	09	16	16			12,0	$\pm 0,08$	$\pm 0,13$	
		10,0			10						12,7			
		12,0			12		22	22	08		15,875			
		12,7	12	15	12	12	27				16,0	$\pm 0,10$	$\pm 0,18$	
		15,875	16		15	15					19,05			
		18,0			16						20,0			
		19,05	19		19	19	33							
		20,0			20					16*				
6 Épaisseur de plaquette s en mm		* Pour les plaquettes de forme K (KNMX, KNUX), seule la longueur utile de l'arête de coupe est indiquée.										9 Type d'outil et direction de l'avance		
		7 Rayon $r_E$ en mm					8 Forme de l'arête de coupe					<div>R</div> 		
<div>01</div> $s = 1,59$ <div>04</div> $s = 4,76$		<div>00</div> $r_E = 0$ <div>02</div> $r_E = 0,2$ <div>04</div> $r_E = 0,4$ <div>08</div> $r_E = 0,8$ <div>12</div> $r_E = 1,2$ <div>16</div> $r_E = 1,6$ <div>24</div> $r_E = 2,4$ <div>32</div> $r_E = 3,2$					<div>F</div> <div>Arête vive</div> <div>E</div> <div>Arête de coupe traitée ER</div> <div>T</div> <div>Chanfrein négatif</div> <div>S</div> <div>Chanfrein négatif et arête traitée ER</div>					<div>L</div> 		
<div>T1</div> $s = 1,98$ <div>05</div> $s = 5,56$		<div>Plaquette ronde :</div> <div>00</div> si IC est une valeur en pouce convertie.												

M0

 si IC est une valeur métrique.

				N				02  $s = 2,38$  06  $s = 6,35$														
03  $s = 3,18$  07  $s = 7,94$																						
T3  $s = 3,97$  09  $s = 9,52$																						
10 Options propres au fabricant		Le code ISO comprend neuf symboles, le 8<sup>e</sup> et le 9<sup>e</sup> n'étant utilisés que si nécessaire. Le fabricant peut en outre ajouter deux symboles supplémentaires. Exemple : - Qf = finition, - QM = semi-finition et ébauche légère, - QR : ébauche.																				



# 31.8 IDENTIFICATION D'UN PORTE-PLAQUETTE

ISO 5608

P	C	L	N	L	16	16	H	12		BT32	P	S	D	N	N	32	40	15
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	8	9

1 Système de fixation		2 Forme de plaquette et angle de dégagement $E_r$		3 Type de porte-plaquette				
C	M	C	D	B	D	E	F	G
Fixation par bride	Fixation par trou central et bride							
P	S	K	R	H	I	K	L	N
Fixation par trou central	Fixation par vis centrale							
4 Angle de dépouille de la plaquette, $\alpha_n$		S	T	Q	R	S	T	V
B	C	V	W	5 Direction de coupe		6 Hauteur		7 Largeur de queue
E	N							
P	O							
	Description spécifique							
8 Longueur de l'outil, $l_1$ mm		9 Longueur d'arête de coupe, $l$ mm		11 Taille Block Tool				
$I_1$	SYMB	$I_1$	SYMB					
32	A	160	N					
40	B	170	P					
50	C	180	Q					
60	D	200	R					
70	E	250	S					
80	F	300	T					
90	G	350	U					
100	H	400	V					
110	J	450	W					
125	K	500	Y					
140	L	spéciale	X					
150	M	-	-					
Porte-plaquette à manche		10 Caractéristique propre au fabricant						
		Si nécessaire, un symbole supplémentaire de 3 lettres maximum peut être ajouté à la fin du code ISO, après un tiret (exemple : W pour le type à coin).						



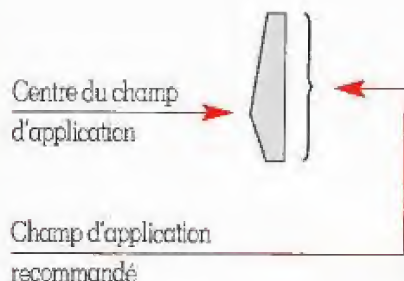
## 31.9 NUANCES DE CARBURE EN TOURNAGE

Les nuances sont réparties en deux groupes :

- les nuances de base,
- les nuances complémentaires.

Les nuances de base doivent être choisies en priorité.

La position et la forme des symboles des nuances indiquent le champ d'application recommandé :



### EXEMPLES DE CHOIX

■ Soit à effectuer une opération d'ébauche légère suivie d'une finition sur une pièce en acier C45. Le tableau ci-contre indique selon l'exemple du § 32.1 une nuance de base GC4015 dont le centre du champ correspond à la nuance ISO P15.

### REMARQUE

Le champ d'application se situe vers le haut ce qui indique que cette nuance a pour caractéristique une bonne résistance à l'usure.

■ Soit à usiner un alliage d'aluminium EN AW-2017. La nuance de base H10 dont le centre du champ correspond à la nuance ISO K10 est parfaitement adaptée.

■ Soit à usiner une fonte malléable EN-GJMW-350-4. La nuance de base GC4015 dont le centre du champ d'application correspond à la nuance P15 ISO est bien adaptée.

	Nuances		Nuances Sandvik		Ténacité	Usure
	ISO	ANSI	Nuances de base	Nuances complémentaires		
P  Acier, acier coulé, fonte malléable à copeaux longs	01	C8		CT 5015		Résistance à l'usure ↑
	10		GC 4015	CT 525		
	15	C7		GC 1525		
	20		GC 4025			
	30	C6	GC 4035			
	40					
M  Acier inoxydable, fonte alliée, acier de décolletage	10	-	GC 215	GC 1015		Résistance à l'usure ↑
	20	-	GC 4035	CT 525	GC 4025	
	30	-				
	40	-	GC 235			
K  Fonte, fonte au coquille, fonte malléable à copeaux courts, acier trempé	01	C4		CC 650	CC 620	Résistance à l'usure ↑
	10	C3	GC 4015	GC 1690	CT 515	
	15		GC 4025	CC 690		
	20	C2	GC 4025			
	30	C1				
K-N  Alliages d'aluminium, non-ferreux (plastiques, bois)	01	C4	CD 10			Résistance à l'usure ↑
	10	C3	CD 1810	H10		
	20	C2		H 13A		
	30	C1				



## 32.1 OUTILS EN ACIER RAPIDE\*

Les conditions de coupe varient en fonction de nombreux paramètres liés à la machine, à la pièce et à l'outil.

Le tableau ci-dessous permet de choisir la vitesse de coupe  $V_c$  en fonction des caractéristiques du matériau usiné et de l'avance  $f$ .

### EXEMPLE

Soit à charioter une pièce en acier au carbone non allié, C 35 (% de carbone = 0,35). L'opération est faite en finition,  $f = 0,2$  mm/tr.

L'intersection des deux entrées acier au carbone non allié C = 0,35 % et  $f = 0,2$  donne une vitesse de coupe  $V_c = 55$  m/min.

Code ISO	Matière		Pression spécifique de coupe $k_a 0,4 (N/mm^2)^{**}$	Dureté Brinell (HB)***	Avance $f$ (mm/tr)			
	Désignation	Caractéristiques			0.1	0.2	0.3	0.4
					Vitesse de coupe (m/min)			
P		C = 0,15 % (% de carbone)	1 900	125	85	65	55	45
	Acier au carbone non allié	C = 0,35 %	2 100	150	70	55	45	40
		C = 0,60 %	2 250	200	50	40	35	30
	Acier allié	Recuit	2 100	180	60	45	40	30
		Trempé et revenu	2 600	275	40	30	25	20
		Trempé et revenu	2 700	300	35	25	20	15
		Trempé et revenu	2 850	350	25	20	15	10
	Acier fortement allié	Recuit	2 600	200	40	30	25	20
		Trempé	3 900	325	25	20	15	10
	Acier inoxydable recuit	Martensitique/ferritique	2 300	200	40	30	25	20
	Acier coulé	Non allié	2 000	180	50	40	35	15
		Faiblement allié	2 500	200	40	30	25	20
		Fortement allié	2 700	225	35	25	20	15
M	Acier inoxydable recuit	Austénitique	2 450	175	35	25	20	15
	Alliages réfractaires	Base fer						
		Recuit	3 000	200	15	10	-	-
		Vieilli	3 050	280	10	10	-	-
		Base nickel ou cobalt						
		Recuit	3 500	250	10	5	-	-
	Vieilli	4 150	350	10	5	-	-	
	Coulé	4 150	320	5	5	-	-	
K	Acier dur	Acier trempé	4 500	55 HRC	20	15	15	10
		Acier au manganèse 12 %	3 600	250	25	20	15	10
	Fonte à faible résistance	-	1 100	180	60	45	40	30
		-	1 500	260	40	30	25	20
	Fonte à forte résistance	-	900	90	290	240	210	180
	Alliages d'aluminium	Alliages au plomb Pb > 1 %	700	110	210	170	150	130
	Alliages bronze et laiton	Laiton, laiton rouge, bronze et cuivre	750	90	140	115	100	85
		sans plomb, y compris cuivre électrolytique	1 750	100	85	70	60	55

Les conditions de coupe ci-dessus sont données pour une durée de vie approximative de 2 h (ou 1 h si  $V_c$  est 20 % plus élevée) avec arrosage.

\* Acier rapide nuance HS 8,5-3,5-3,5-11 (chapitre 30) pour barreaux traités.

\*\*  $K_a 0,4$  = pression spécifique de coupe pour une avance  $f = 0,4$ .

\*\*\*  $R_f = 0,35$  HB (pour les aciers).



## 32.2 OUTILS EN CARBURE

### EXEMPLE

Soit à charioter une pièce en acier au carbone non allié C 45 (0,45 % de carbone).

L'opération est faite en ébauche.

L'avance choisie est égale à 0,4 mm/tr (§ 31.5). La nuance de carbure utilisée est GC 4015 (ou P10 - ISO - § 31.9).

L'intersection des deux entrées : acier non allié C : 0,25 à 0,55 et GC 4015 avec une avance  $f = 0,4$  donne la valeur  $V_c = 315$  m/min pour une durée de vie de 15 minutes.

Le tableau « Durées de vie » permet de corriger la durée de vie.

Par exemple, pour une durée de vie de 30 min, le facteur de correction est 0,85 et la nouvelle vitesse de coupe est  $315 \times 0,85 = 267$  m/min.

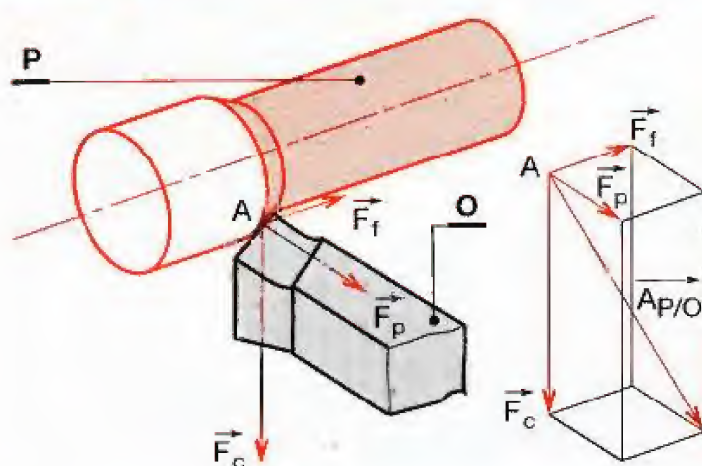
Code ISO	Matière		$k_c^*$ N/mm <sup>2</sup>	HB**	◀ Résistance à l'usure Nuances de base (Sandvik)					
					GC 1525	CT 525	GC 4015	GC 4025	GC 4035	
					Avances (mm/tr)					
	0,05 - 0,1 - 0,2	0,05 - 0,1 - 0,2			0,1 - 0,4 - 0,8	0,1 - 0,4 - 0,8	0,1 - 0,4 - 0,8			
Nuance	Caractéristiques	Vitesse de coupe $V_c$ (m/min)								
P	Acier non allié	C : 0,1 à 0,25	2 000	125	560-465-380	605-500-410	500-350-260	460-315-220	405-280-190	
		<del>C : 0,25 à 0,55</del>	2 100	150	500-420-335	535-450-360	440-315-230	410-280-195	365-235-170	
		C : 0,55 à 0,8	2 180	170	430-365-295	465-385-320	390-280-205	365-245-170	320-205-150	
	Acier faiblement allié	Non trempé	2 100	180	375-320-255	420-355-280	380-285-195	335-225-195	285-175-130	
		Trempé revenu	2 775	275	200-165-135	215-180-145	260-180-135	215-155-120	175-115- 80	
		Trempé revenu	2 775	350	160-135-110	175-145-115	210-145-110	175-125- 95	140- 90- 65	
	Acier fortement allié	Recuit	2 500	200	260-215-175	280-235-190	350-235-170	285-200-145	225-145-100	
		Acier à outil	3 750	325	145-115- 90	165-130-105	170-110- 80	130- 90- 70	105- 65- 45	
M	Aciers inoxydables	Matière		$k_c^*$	HB	GC 1015	GC 215	GC 4035	GC 235	CC 670
		Nuance	Caractéristiques	N/mm <sup>2</sup>		0,1-0,2	0,2-0,4-0,6	0,2-0,4-0,6	0,2-0,4-0,6	0,1-0,2-0,3
		Acier inoxydable ferritique	Ac. décolletage	2 100	200	390-265	300-255-225	290-245-225	160-135-120	-
			Non trempé	2 300	200	300-250	235-200-175	225-190-170	125-105- 95	-
			Trempé	3 500	330	170-150	95- 70- 55	85- 65- 50	75- 55- 40	-
			Austénitique	2 800	330	220-195	120- 90- 75	100- 70- 55	65- 45- 35	-
		H	Matière		$k_c^*$	HB	GC 4015	GC 4025	GC 4035	CT 515
Nuance	Caractéristiques	N/mm <sup>2</sup>	0,1-0,3-0,6	0,1-0,3-0,6	0,1-0,3-0,6		0,05-0,1-0,2	0,05-0,15-0,4		
K	Fontes	Fonte coquille	Coulé	2 750	400	-	-	-	-	- 170-150
		Fonte malléable	Copeaux courts	950	130	305-270-220	275-240-195	175-170-135	-	-
			Copeaux longs	1 100	230	210-160-115	200-160-110	125-105- 75	-	- 750-700
		Fonte grise	Faible résistance	1 100	180	420-300-205	380-285-195	250-195-135	395-370-300	- 850-800
			Forte résistance	1 400	260	260-185-125	250-175-120	180-135- 85	330-285-250	- 750-700
		Fonte GS (nodulaire)	Ferritique	1 050	160	265-205-150	255-195-140	195-140-100	325-285-230	-
			Perlitique	1 750	250	190-150-110	185-140-100	125-105- 80	290-260-220	- 550-500
	Alliages d'aluminium	Alliage d'aluminium	Coulé non vieilli	750	75	825-545-305	-	-	830-625-685	-
			Coulé et vieilli	900	90	510-330-195	-	-	530-510-410	-
		Alliage d'aluminium	Coulé 13 à 15%Si	950	130	-	-	-	-	-
			Coulé 16 à 22%Si	950	130	-	-	-	-	-
Cuivre et alliage de cuivre	Décolletage au Pb	700	110	600-430-270	-	-	605-600-515	-		
	Laiton - Bronze	700	90	395-330-255	-	-	395-395-365	-		
	Bronze et cuivre	1 750	100	285-215-145	-	-	285-285-250	-		

Le tableau ci-dessus indique la vitesse de coupe recommandée en fonction de la matière et de l'avance. La durée de vie de l'outil est de 15 min. Pour obtenir des taux d'enlèvement de matière plus élevés ou une plus grande durée de vie de l'outil, il faut multiplier la vitesse  $V_c$  par les facteurs de correction selon le tableau ci-contre.

### DURÉE DE VIE T (MIN) - FACTEURS DE CORRECTION DE $V_c$

Durée de vie T (min)	10	15	20	25	30	45	60
Facteurs de correction	1,10	1,0	0,95	0,90	0,85	0,8	0,75





Matière		K <sub>a</sub> (daN/mm <sup>2</sup> )			
		Avance			
		0.1	0.2	0.4	0.8
Aciers ordinaires	S 185 - S 275	360	260	190	140
	S 355	400	290	210	150
	E 335	420	300	220	160
	E 360	440	315	230	165
Aciers fins	C 35 - C 40	320	230	170	125
	C 45 - C 55	360	260	190	140
	C 60	390	285	205	150
Aciers alliés	Acier au manganèse	470	340	245	180
	Acier au nickel-chrome	500	360	260	185
	Acier au chrome molybdène	530	380	275	200
	Acier inoxydable	520	375	270	190
Fontes	EN-GJL-150	190	136	100	70
	EN-GJL 200 ; EN-GJL 250	290	210	150	110
	Fonte alliée	325	230	170	120
	Fonte malléable	240	175	125	90
Alliages de cuivre	Laiton	160	115	85	60
	Bronze	340	245	180	130
Alliages d'aluminium	Alliage d'aluminium (Si ≤ 13 %)	140	100	70	50
	Alliage de moulage (R <sub>r</sub> ≤ 19)	115	85	60	45
	Alliage de moulage (19 < R <sub>r</sub> < 27)	140	100	70	50
	Alliage de moulage (27 < R <sub>r</sub> < 37)	170	122	85	65

#### Application (unités voir GPD 56)

Pièce en fonte EN-GJL-150. Outil PDJN  $\kappa_r = 93^\circ$ .  
 $K_a = 1\,000 \text{ MPa}$ ;  $V_c = 225 \text{ m/min}$ ;  $f = 0,4 \text{ mm/min}$ ;  
 $a_p = 3 \text{ mm}$ ;  $\eta_e = 0,8$ .

Puissance consommée par le moteur ( $P_{cm}$ )

$$P_{cm} = \frac{K_a \cdot f \cdot a_p \cdot V_c}{\eta_e \cdot 60} = \frac{1\,000 \times 0,4 \times 3 \times 225}{0,8 \times 60} = 5\,625 \text{ W.}$$

### 33.1 EFFORT DE COUPE

Soit le cas d'un usinage avec un outil à chariotier coudé. L'action  $\vec{A}_{P/O}$  de la pièce P sur l'outil O admet trois composantes:  $\vec{F}_c$ ;  $\vec{F}_f$ ;  $\vec{F}_p$ .

#### EFFORT TANGENTIEL DE COUPE

$$F_c \approx K_a \cdot A_D$$

$F_c$ : effort tangentiel de coupe en newtons (N).  
 $K_a$ : pression spécifique de coupe en  $\text{N/mm}^2$ .  
 $A_D$ : section de copeau en  $\text{mm}^2$ .

$$A_D = f \cdot a_p.$$

$f$ : avance en millimètre par tour (mm/tr).  
 $a_p$ : profondeur de passe en mm.

$$F_c = K_a \cdot f \cdot a_p$$

### 33.2 PUISSANCE EN TRAVAIL ( $P_e$ )

$$P_e = F_c \cdot V_c$$

$$P_e \approx \frac{F_c \cdot V_c}{60} \text{ ou } P_e \approx \frac{K_a \cdot f \cdot a_p \cdot V_c}{60}$$

$P_e$ : puissance en travail en watts (W).  
 $F_c$ : effort tangentiel de coupe en newtons.  
 $V_c$ : vitesse de coupe en m/min.

### 33.3 PUISSANCE CONSOMMÉE PAR LE MOTEUR ( $P_{cm}$ )

$$P_{cm} = \frac{P_e}{\eta_e}$$

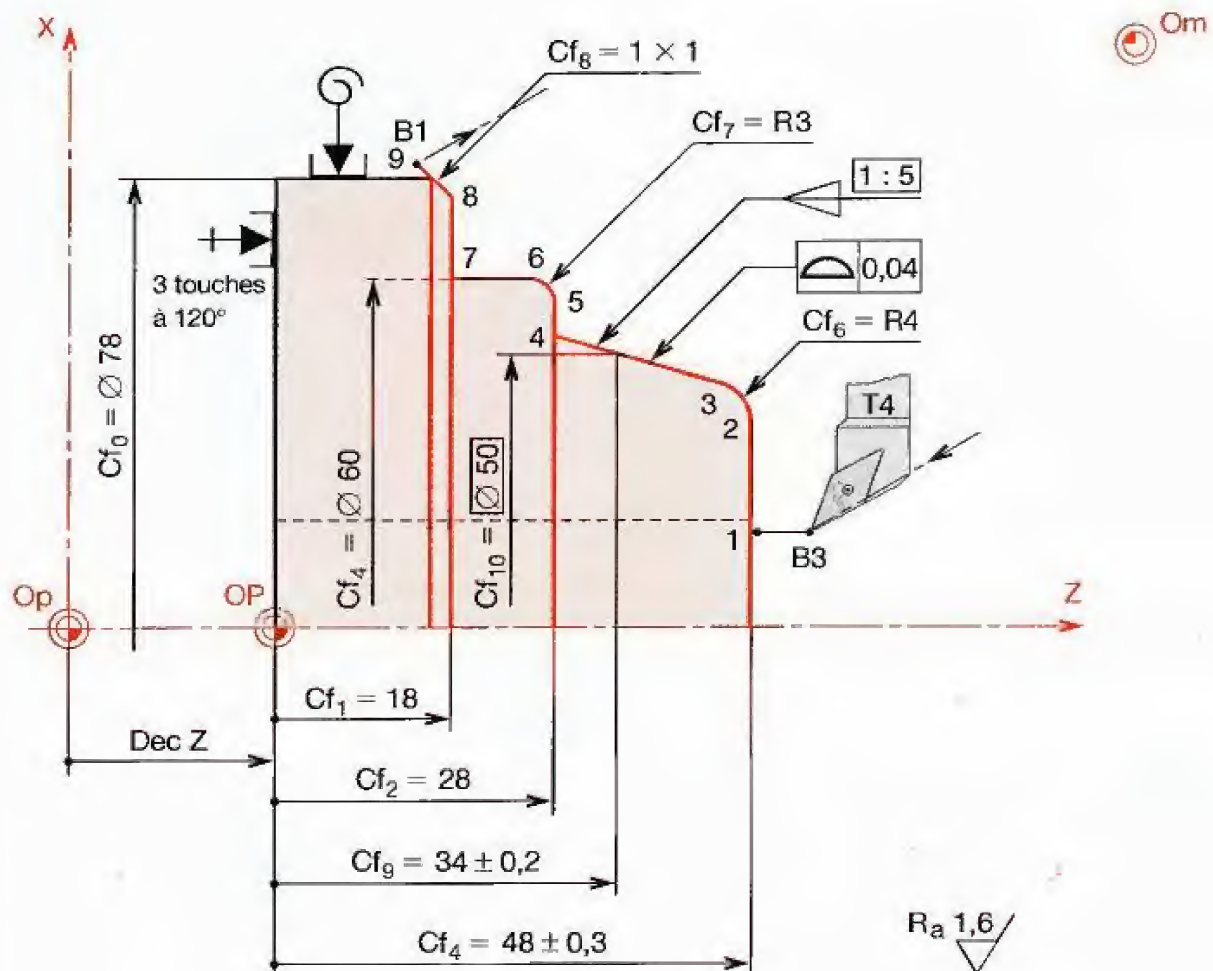
- $\eta_e$ : rendement de la machine.
- La puissance consommée varie également en fonction de l'angle de coupe  $\gamma_n^{**}$  et de l'angle de direction d'arête  $\kappa_r^{***}$ .
- $K_a$  est fonction du matériau et de l'avance  $f$ .

\* Prononcer « éta indice e ». \*\* Prononcer « gamma indice n ».

\*\*\* Prononcer « cappa indice r ».



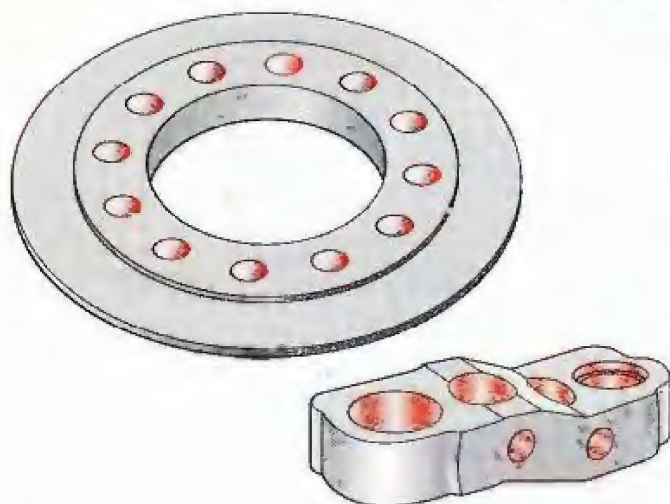
PHASE : 200		S/PH : 220	CONTRAT DE PHASE TOURNAGE						NOM : _____	
ENSEMBLE : Monture équatoriale									DATE : _____	
PIÈCE : Bague inférieure			MACHINE : Tour CN NUM 750						N° PROG : % 2004	
MATIÈRE : EN AW-2017			PORTE-PIÈCE : Mors doux épaulés						N° DOC : FAB - ME 14	
NOMBRE : 50			BRUT : Phase 110						ATELIER : UF 1	
Opérations d'usinage			Éléments de coupe			Éléments de passe			Outillage	
N°	Rep.	Désignation	V <sub>c</sub>	f	n	α <sub>p</sub>	n <sub>p</sub>	Lub	Fabrication	Vérification
223	T4	Finition	2 000	0,1	-	0,4	1	oui	SDJCL 16 16 H 11 DCMW 11 T3 08 F AL/CD 1810	Calibre à coulisse Bague conique 1:5 Cales étalon



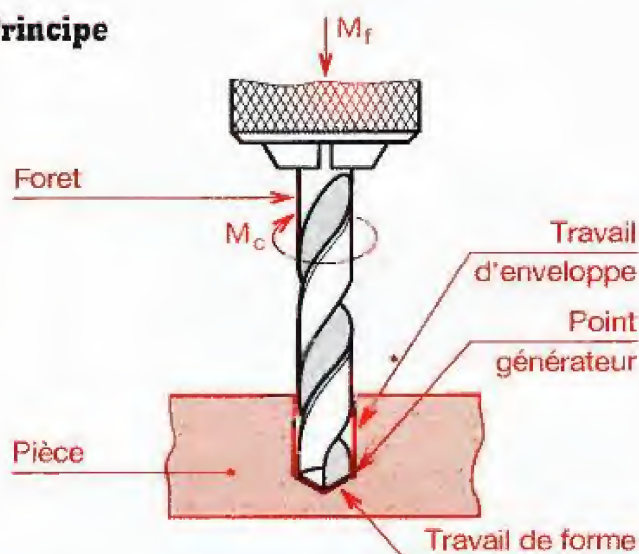
Tolérances générales ISO 2768-mK.



## Exemples de surfaces obtenues par perçage



## Principe



Le perçage est une opération d'usinage permettant d'obtenir dans une pièce des trous cylindriques sous l'action d'un outil coupant appelé « mèche » ou « foret ».

L'enlèvement des copeaux est obtenu par la combinaison de deux mouvements :

- un mouvement de coupe  $M_c$  (rotation),
- un mouvement d'avance  $M_f$  (translation).

Très souvent le mouvement de coupe et le mouvement d'avance sont donnés à l'outil mais on rencontre toutes les combinaisons de ces deux mouvements.

La réalisation d'un trou cylindrique est un travail d'enveloppe.

Lors de l'usinage, l'ensemble des positions successives du « point générateur » de chaque bec du foret détermine la forme de la surface obtenue\*.

- Le mouvement de coupe  $M_c$  impose à chaque point générateur de décrire un cercle;
- Le mouvement d'avance  $M_f$  permet à chaque point générateur de parcourir toute la

## DÉSIGNATION DES PRINCIPALES OPÉRATIONS

Trou débouchant	Trou borgne	Usinages complémentaires			
		Chanfreinage	Lamage	Fraisurage	Centrage

\* États de surface voir chapitres 76 et 77.




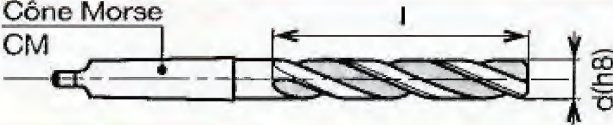

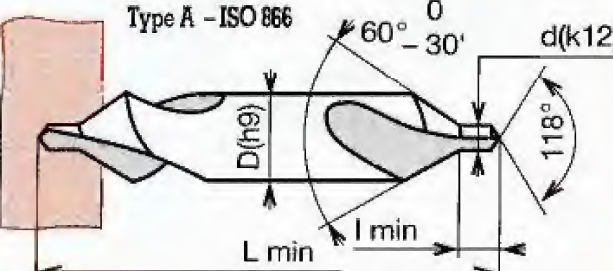
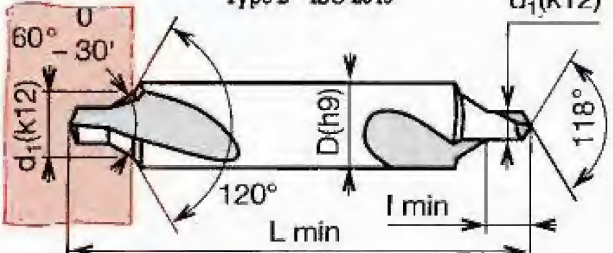
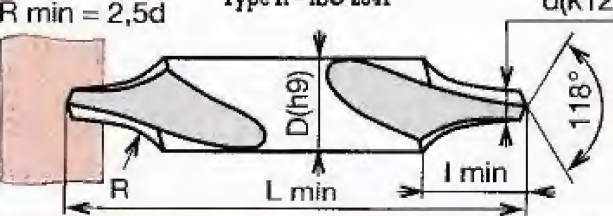



## 36.1 FORETS HÉLICOÏDAUX

À queue cylindrique														À queue conique													
																											
DÉSIGNATION : Foret, série _____, à queue cylindrique, de Ø d, NF E _____														DÉSIGNATION : Foret série normale de Ø d, NF E 66-071													
Série extra-courte NF E 66-061 - ISO 235														Série normale NF E 66-071 - ISO 235													
d	1	1,2	1,5	1,6	1,8	2	2,2	2,5	2,8	3	3,2	3,5	3,8	d	4	4,5	5	5,5	6	6,5	6,8	7	7,5	7,8	8	8,2	8,5
l	6	8	9	10	11	12	13	14	16	16	18	20	22	l	43	47	52	57	57	63	69	69	75	75	75	75	75
d	4	4,2	4,5	4,8	5	6	6,2	6,5	6,8	7	7,2	7,5	8	CM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
l	22	22	24	26	26	28	31	31	34	34	34	34	37	d	8,8	9	9,5	9,8	10	10,2	10,5	10,8	11	11,2	11,5	11,8	12
d	8,5	9	9,5	10	10,5	11	12	13	14	15	16	17	18	l	81	81	81	87	87	87	87	94	94	94	94	94	101
l	37	40	40	43	43	47	51	51	54	56	58	60	62	CM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Série courte NF E 66-067 - ISO 235														d	12,2	12,5	12,8	13	13,2	13,5	13,8	14	14,25	14,5	14,75	15	15,25
d	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	l	101	101	101	101	101	108	108	108	114	114	114	114	120
l	12	14	16	16	18	18	20	20	22	22	24	24	27	CM	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
d	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	d	15,5	15,75	16	16,25	16,5	16,75	17	17,25	17,5	17,75	18	18,25	18,5
l	30	30	30	33	33	33	36	36	36	39	39	39	39	l	120	120	120	125	125	125	125	130	130	130	130	135	135
d	3,75	3,8	3,9	4	4,1	4,2	4,25	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,75	CM	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
l	43	43	43	43	43	47	47	47	47	47	47	52	52	d	18,75	19	19,25	19,5	19,75	20	20,25	20,5	20,75	21	21,25	21,5	21,75
d	4,9	5	5,1	5,2	5,25	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,75	5,8	5,9	l	135	135	140	140	140	140	145	145	145	145	150	150	150
l	52	52	52	52	52	57	57	57	57	57	57	57	57	CM	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
d	6,1	6,2	6,25	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,75	6,8	6,9	7	7,1	d	22	22,5	23	23,5	24	24,5	25	25,5	26	26,5	27	27,5	28
l	63	63	63	63	63	63	63	69	69	69	69	69	69	l	150	155	155	155	160	160	160	165	165	165	170	170	170
d	7,25	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,75	7,8	7,9	8	8,1	8,2	8,25	CM	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
l	69	69	69	69	75	75	75	75	75	75	75	75	75	d	28,5	29	29,5	30	30,5	31	31,5	31,75	32	32,5	33	33,5	34
d	8,4	8,5	8,6	8,7	8,75	8,8	8,9	9	9,1	9,2	9,25	9,3	9,4	l	175	175	175	175	180	180	180	185	185	185	185	185	190
l	75	75	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	CM	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
d	9,6	9,7	9,75	9,8	9,9	10	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	d	34,5	35	35,5	36	36,5	37	37,5	38	38,5	39	39,5	40	40,5
l	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	94	l	190	190	190	195	195	195	195	200	200	200	200	200	205
d	10,9	11	11,1	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9	12	12,1	CM	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
l	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	101	101	101	d	41	41,5	42	42,5	43	43,5	44	44,5	45	45,5	46	46,5	47
d	12,5	12,7	13	13,5	14	14,25	14,5	15	15,5	16	16,5	17	17,5	l	205	205	205	205	210	210	210	210	210	215	215	215	215
l	101	101	101	108	108	114	114	114	120	120	120	125	130	CM	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Série longue NF E 66-068 - ISO 494														d	47,5	48	48,5	49	49,5	50	50,5	51	52	53	54	55	56
d	1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	l	215	220	220	220	220	220	225	225	225	230	230	230	230
l	33	41	45	45	50	53	56	56	59	59	62	62	62	CM	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5
d	3,1	3,2	3,3	3,5	3,6	3,8	4	4,1	4,2	4,5	4,7	4,8	5	d	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	68	70	72
l	69	69	69	73	73	78	78	78	78	82	82	87	87	l	235	235	235	235	240	240	240	245	245	245	250	250	255
d	5,3	5,5	5,6	5,7	5,8	6	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	CM	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
l	87	91	91	91	91	91	97	97	97	97	97	97	102	d	74	75	76	78	80	85	90	95	100	-	-	-	-
d	7,5	7,8	8	8,2	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	l	255	255	260	260	260	265	270	275	280	-	-	-	-
l	102	109	109	109	109	115	115	121	121	128	128	134	134	CM	5	5	5	6	6	6	6	6	6	-	-	-	-

\* Coupe à droite (coupe à gauche, pour le décolletage, sur demande).  
Astra 93502 - Pantin.



# 36.2 FORETS ALÉSEURS - FORETS À CENTRER\* - FORETS À POINTER\*\*

À queue cylindrique				À queue conique					
									
DÉSIGNATION : Foret alésur à queue cylindrique, série courte de Ø d, ISO 235 NF E 66-067				DÉSIGNATION : Foret alésur série normale de Ø d, ISO 235 NF E 66-071					
Dimensions : mêmes dimensions que le foret série courte.				Dimensions : mêmes dimensions que le foret cône Morse.					
L'action des arêtes de coupe (3 ou 4) est analogue à celle d'un foret de perçage. Ils sont utilisés : ■ en demi-finition, ou finition, pour les alésages à partir d'un perçage ; ■ pour aléser des trous bruts avec fortes surépaisseurs. Tolérance de l'alésage obtenu : $8 < IT < 11$ .				<b>Mode d'action</b> 					
<b>TYPE A</b>				<b>Alésage fini Ø D</b>					
d	D	l	L	d	D	l	L		
1	3,15	1,3	29,5	3,15	8	3,9	48		
1,6	4	2	33,5	4	10	5	53		
2	5	2,5	38	6,3	16	8	68		
2,5	6,3	3,1	43	10	25	12,8	97		
<b>TYPE B</b>				<b>Ø Avant-trou</b>					
d	D	d <sub>1</sub>	l	L	d	D	d <sub>1</sub>	l	L
1	4	2,12	1,3	33,5	3,15	11,2	6,7	3,9	57
1,6	6,3	3,35	2	43	4	14	8,5	5	64
2	8	4,25	2,5	48	6,3	20	13,2	8	77
2,5	10	5,3	3,1	53	10	31,5	21,2	12,8	122
<b>TYPE R</b>				<b>Ø Foret alésur</b>					
d	D	l	L	d	D	l	L		
1	3,15	3	29,5	3,15	8	8,5	48		
1,6	4	4,25	33,5	4	10	10,6	53		
2	5	5,3	38	6,3	16	10,7	68		
2,5	6,3	6,7	43	10	25	26,5	97		
■ Le choix d'un centre d'usinage est essentiellement fonction des dimensions de la pièce, des efforts de coupe et de la précision du travail à effectuer. ■ Afin de conserver dans le temps les qualités géométriques de la surface conique, utiliser les centres avec un chanfrein de protection (type B). ■ En principe, les types R sont réservés aux travaux de haute précision.				<b>FORET À CENTRER</b> NF E 66-051					
									
									
									
				<b>R min = 2,5d</b>					
				<b>DÉSIGNATION :</b> Foret à centrer Ø d, type — NF E 66-051					
<b>Forets à pointer</b> Angles 90° et 120°				<b>FORET À POINTER</b>					
									
				<b>DÉSIGNATION :</b> Foret à pointer Ø d, angle —					
									

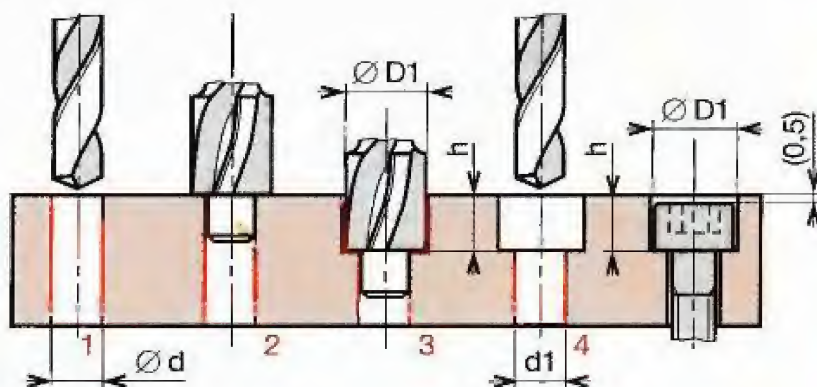
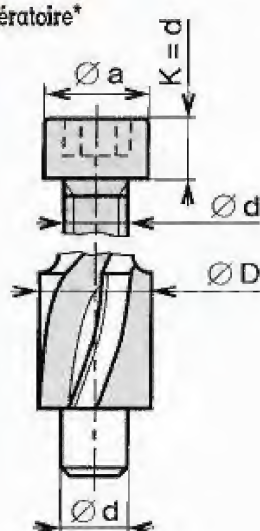
\* Utilisés pour la reprise des pièces de tournage et de rectification.

\*\* Utilisés pour préparer un centrage avant perçage.



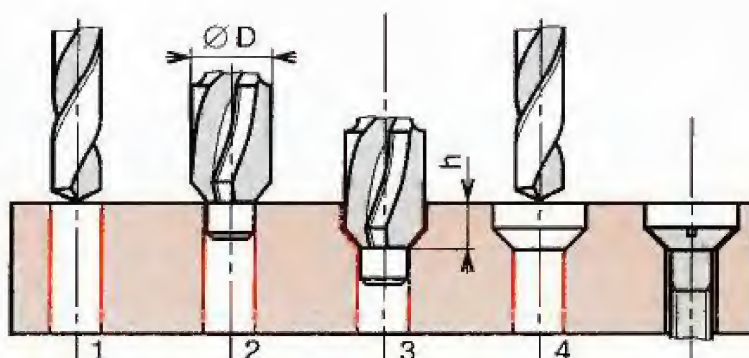
## 36.3 LAMAGE - MODE OPÉRATOIRE

Mode opératoire\*



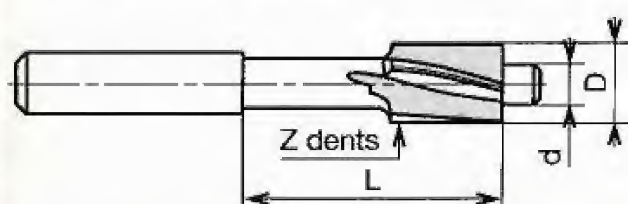
- 1° Percer au  $\varnothing$  du pilote d.
- 2° Faire tangenter la fraise à lamer.
- 3° Lamer de la profondeur h.
- 4° Percer au diamètre  $d_1$   
( $d_1 \approx d + 0,5$ ).

\* Voir GPD 32 (Vis de fixation).

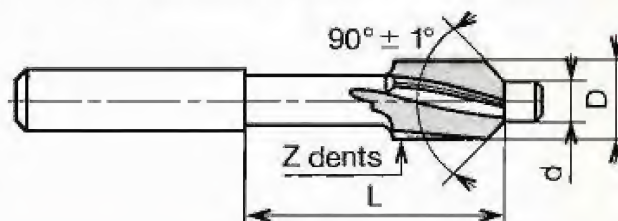


## 36.4 FRAISES À LAMER\*\* \*\*\*

FRAISES POUR LOGEMENTS DE VIS CYLINDRIQUES



FRAISES POUR LOGEMENTS DE VIS CONIQUES



POUR VIS C

D	d	L	z	D	d	L	z	D	d	L	z
4.2	2	30	3	8.2	5	33	3	21.2	12	67	4
5.2	2.5	30		10.2	6	40		23.2	14	67	
5.2	3	30		14.2	8	49		26.2	16	76	
7.2	4	32		17.2	10	49		29.2	18	76	

POUR VIS H

D	d	L	z	D	d	L	z	D	d	L	z
4.2	2	30	3	12.2	6	40	4	28.2	14	76	4
6.2	3	30		16.2	8	49		32.2	16	76	
8.2	4	33		20.2	10	49		-	-	-	
10.2	5	40		24.2	12	67		-	-	-	

POUR VIS CH C

D	d	L	z	D	d	L	z	D	d	L	z
4.2	2.5	30	3	9.2	5	40	3	19.2	12	49	4
5.7	3	30		10.2	6	40		22.2	14	67	
7.2	4	32		13.2	8	45		24.2	16	67	
8.2	5	33		16.2	10	49		27.2	18	76	

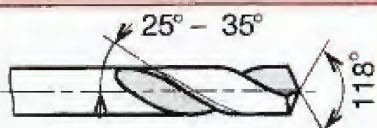
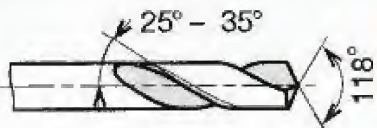
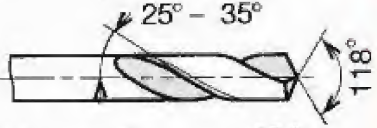
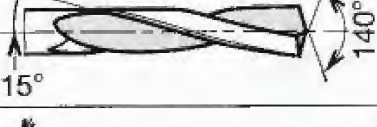
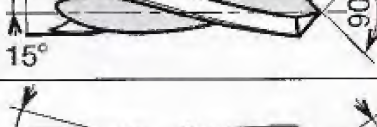
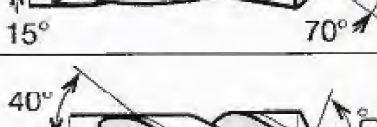

POUR VIS F/90

D	d	L	z	D	d	L	z	D	d	L	z
3.2	1.5	30	3	8.2	4	33	3	20.2	10	49	4
4.2	2	30		10.2	5	40		24.2	12	67	
5.2	2.5	30		12.2	6	40		28.2	14	76	
6.2	3	30		16.2	8	49		32.2	16	76	



## FORETS HÉLICOÏDAUX

HS 6-5-2 (A.R.E.S.)

Matière	Vitesse de coupe m/min	Diamètre de perçage										Caractéristiques
		2	2-3	3-4	4-6	6-10	10-15	15-25	25-35	35-50	50-80	
		Avance en millimètre par tour										
Aciers $\leq 600 \text{ MPa}^*$	25-35	-	-	0,05	0,12	0,18	0,23	0,29	0,35	0,41	0,48	
600 à 1 000 $\text{MPa}^*$	15-25	-	-	0,04	0,09	0,14	0,19	0,24	0,29	0,34	0,39	
Plus de 1 000 $\text{MPa}^*$	8-12	-	-	0,04	0,09	0,14	0,19	0,24	0,29	0,34	0,39	
Fontes douces	25-35	-	-	0,07	0,15	0,22	0,29	0,36	0,44	0,55	0,70	
Aciers 1 000 à 1 200 $\text{MPa}^*$	10-15	-	-	0,03	0,07	0,11	0,15	0,20	0,24	0,28	0,32	
Aciers 1 200 à 1 400 $\text{MPa}^*$	5-10	-	-	0,03	0,05	0,07	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	
Fontes dures	12-20	-	-	0,05	0,12	0,18	0,23	0,29	0,35	0,41	0,48	
Bronzes d'aluminium	25-35	-	-	0,07	0,16	0,23	0,31	0,39	0,49	0,62	0,80	
Bronzes copeaux longs	25-35	-	-	0,07	0,16	0,23	0,31	0,39	0,49	0,62	0,80	
Aciers inoxydables X6 Cr Ni Ti 18-10 (Z 10 CNT 18-08)	8-12	0,03	0,04	0,05	0,08	0,11	0,15	0,20	0,25	0,30	-	
Alliages réfractaires 800 à 1 000 $\text{MPa}^*$	6-10	0,02	0,03	0,04	0,06	0,10	0,15	0,20	0,25	0,25	-	
All. réfractaires $\leq 1 400 \text{ MPa}^*$	4-6	-	-	0,03	0,05	0,08	0,10	0,15	0,20	0,20	-	
1 400 à 1 800 $\text{MPa}^*$	2-3	-	-	0,02	0,03	0,05	0,07	0,10	0,15	0,15	-	
Aciers 12 % de manganèse	4-6	0,02	0,03	0,04	0,05	0,08	0,12	0,20	0,25	0,25	-	
Aciers traités 1 400 à 1 600 $\text{MPa}^*$	5-10	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,09	0,10	0,12	0,15	-	
Laitons	50-100	-	-	0,05	0,12	0,18	0,23	0,29	0,35	0,41	0,48	
Bronzes	25-60	-	-	0,05	0,12	0,18	0,23	0,29	0,35	0,41	0,48	
Matières plastiques dures	15-35	-	-	0,14	0,19	0,22	0,22	0,24	0,24	0,30	0,30	
Alliages légers	60-200	-	-	0,07	0,16	0,23	0,31	0,39	0,49	0,62	0,80	
Cuivres	40-70	-	-	0,07	0,16	0,23	0,31	0,39	0,49	0,62	0,80	
Matières plastiques tendres	15-20	-	-	0,08	0,10	0,12	0,12	0,16	0,16	0,20	0,20	

## FORETS HÉLICOÏDAUX\*\* HS 6-5-2 - REVÊTEMENT NITRURE DE TITANE (TiN)

Matière	Vitesse de coupe m/min	Diamètre de perçage			Matière	Vitesse de coupe m/mm	Diamètre de perçage		
		2.5-5.5	5.5-8.5	8.5-12			2.2-5.5	5.5-8.5	8.5-12
		Avance en mm/tour					Avance en mm/tour		
Aciers non alliés	35-45	0,13-0,17	0,20-0,26	0,23-0,31	Aciers inoxydables	10-20	0,10-0,16	0,13-0,21	0,15-0,26
Aciers faiblement alliés	30-40	0,13-0,17	0,18-0,24	0,23-0,31	Fontes	30-50	0,14-0,22	0,19-0,31	0,25-0,40
Aciers fortement alliés	25-35	0,09-0,12	0,12-0,16	0,16-0,22	Alliages d'aluminium	55-95	0,15-0,25	0,18-0,31	0,25-0,41
Aciers moulés	17-30	0,10-0,16	0,13-0,21	0,17-0,27	Alliages de cuivre	50-70	0,15-0,20	0,19-0,25	0,24-0,32

## FORETS HÉLICOÏDAUX\*\* CARBURE - REVÊTEMENT NITRURE DE TITANE (TiN)

Matière	Vitesse de coupe m/min	Diamètre de perçage			Matière	Vitesse de coupe m/mm	Diamètre de perçage		
		3-5.5	5.5-8.5	8.5-12.7			3-5.5	5.5-8.5	8.5-12.7
		Avance en mm/tour					Avance en mm/tour		
Aciers non alliés	60-80	0,10-0,17	0,12-0,22	0,15-0,25	Fontes	60-80	0,15-0,25	0,25-0,35	0,35-0,60
Aciers faiblement alliés	40-70	0,10-0,17	0,15-0,22	0,20-0,27	Alliages d'aluminium	50-90	0,15-0,20	0,20-0,40	0,30-0,50
Aciers fortement alliés	25-40	0,08-0,12	0,10-0,16	0,16-0,25	Alliages de cuivre	60-90	0,15-0,25	0,25-0,40	0,30-0,50

D'après Astra. \* MPa = mégapascal (GPaT 56).

\*\* D'après Sandvik-Coromant.



## EFFORTS DE COUPE 38.1

La résultante des efforts de coupe s'exerçant sur une arête admet trois composantes :

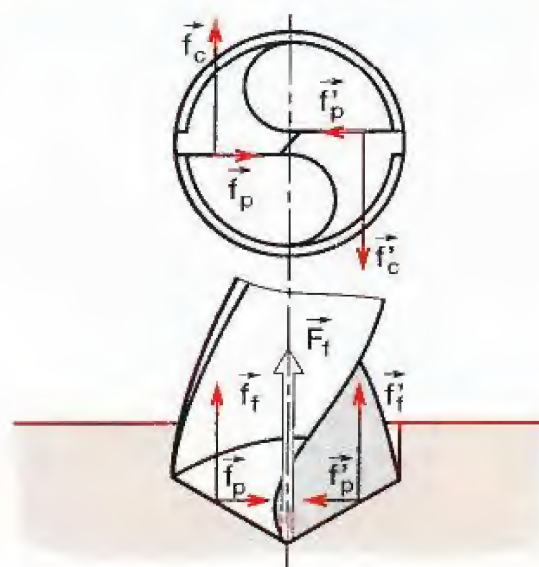
- $\vec{f}_c$  (effort tangentiel de coupe),
- $\vec{f}_f$  (effort d'avance),
- $\vec{f}_p$  (effort de pénétration).

Si le foret est parfaitement affûté et si le matériau de la pièce est homogène, on a :

$$\vec{f}_c = \vec{f}'_c ; \vec{f}_f = \vec{f}'_f ; \vec{f}_p = \vec{f}'_p$$

Les composantes  $\vec{f}_p$  et  $\vec{f}'_p$  égales et pratiquement opposées s'annulent. La résultante de l'effort d'avance  $\vec{F}_f = 2 \vec{f}_f$  est portée par l'axe du foret. Les forces  $\vec{f}_c$  et  $\vec{f}'_c$  constituent le couple résistant au forage.

## Efforts de coupe



## EFFORT D'AVANCE 38.2

$$F_f \approx k.f.d$$

$F_f$  : effort d'avance en newtons (N).

$f$  : avance en mm/tr.

$d$  : diamètre du foret en mm.

$k$  : coefficient déterminé expérimentalement.

## PUISSANCE EN TRAVAIL 38.3

( $P_e$ )

$$P_e \approx K.f.d.V_c$$

$P_e$  : puissance en travail en watts (W).

$f$  : avance en mm/tr.

$d$  : diamètre du foret en mm.

$V_c$  : vitesse de coupe en m/min.

$K$  : coefficient déterminé expérimentalement.

## PUISSANCE CONSOMMÉE 38.4

PAR LE MOTEUR ( $P_{cm}$ )

$$P_{cm} = \frac{P_e}{\eta_e}$$

- $\eta_e$  : rendement du moteur.

Matière	K	k
Aciers R $\leq 600$ MPa	11	1 000
Aciers R $> 600$ MPa	11,5	1 200
Aciers inoxydables	15	1 300
Aciers cu nickel-chrome	14	900
Aciers cu chrome-molybdène	13	1 600
Fontes grises	8	700
Fontes à graphite sphéroïdal	7,5	1 100
Latons	3,5	800
Alliages d'aluminium	5	650

Valeurs données à titre de première estimation.

### Application (signification des unités voir GPDT 56)

Soit à évaluer l'effort d'avance et la puissance consommée par le moteur pour une opération de perçage sur une pièce en C30 (R  $\approx 550$  MPa).

Diamètre  $d = 12$  mm ; avance  $f = 0,2$  mm/tr ; vitesse de coupe  $V_c = 25$  m/min.

$k \approx 1 000$  ;  $K \approx 11$ .

Rendement de la machine  $\eta_e = 0,8$ .

#### Effort d'avance

$$F_f \approx k.f.d \approx 1 000 \times 0,2 \times 12$$

$$F_f = 2 400 \text{ N.}$$

#### Puissance en travail ( $P_e$ )

$$P_e \approx K.f.d.V_c \approx 11 \times 0,2 \times 12 \times 25$$

$$P_e = 660 \text{ W.}$$

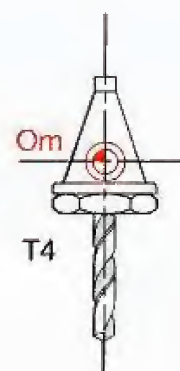
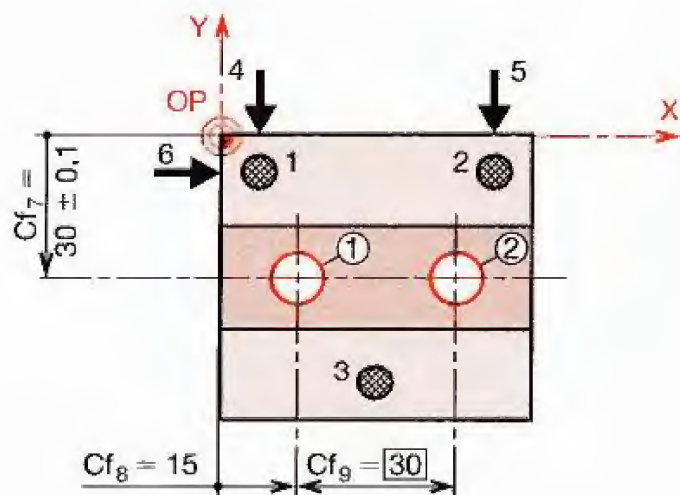
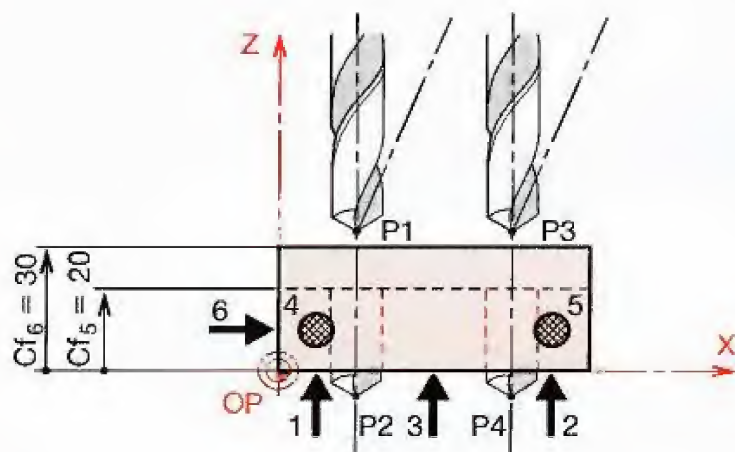
#### Puissance consommée par le moteur ( $P_{cm}$ )

$$P_{cm} = \frac{P_e}{\eta_e} = \frac{660}{0,8}$$

$$P_{cm} = 825 \text{ W.}$$



PHASE : 300 S/PH : 310			CONTRAT DE PHASE TOURNAGE							NOM : _____	
ENSEMBLE : Monture équatoriale										DATE : _____	
PIÈCE : Butée			MACHINE : Fraiseuse CN NUM 750							N° PROG : % 2002	
MATIÈRE : EN-GJL 200			PORTE-PIÈCE : Étau							N° DOC : FAB - ME 11	
NOMBRE : 50			BRUT : Phase 100							ATELIER : UF 1	
Opérations d'usinage			Éléments de coupe			Éléments de passe				Outillage	
N°	Rep.	Désignation	V <sub>c</sub>	f <sub>z</sub>	n	a <sub>p</sub>	n <sub>p</sub>	V <sub>f</sub>	Lub	Fabrication	Vérification
313	T4	Perçer ① ② Suivant OX Cf <sub>8</sub> = 15 ± 0,1 Cf <sub>9</sub> = 30 Suivant OY Cf <sub>7</sub> = 30 ± 0,1	30	0,22	1 100	-	1	242	non	Foret série courte à queue cylindrique Ø 8,5, NF E 66-067	Calibre à coulisse



Tolérances générales ISO 2768-mK.



L'alésage est une opération d'usinage permettant d'obtenir des surfaces de révolution intérieures sous l'action d'un outil coupant.

En principe, la notion d'alésage sous-entend :

- une bonne précision dimensionnelle (IT 6, 7, 8) ;
- une bonne précision géométrique cylindricité, circularité et rectitude (IT 5, 6) ;
- un bon état de surface ( $R_a$  0,8 à 3,2  $\mu\text{m}$ ).

On distingue deux principes fondamentaux de génération d'une surface :

- le travail d'enveloppe,
- le travail de forme.

L'enlèvement des copeaux est obtenu par la combinaison de deux mouvements :

- un mouvement de coupe  $M_c$  (rotation),
- un mouvement d'avance  $M_f$  (translation).

## TRAVAIL D'ENVELOPPE 40.1

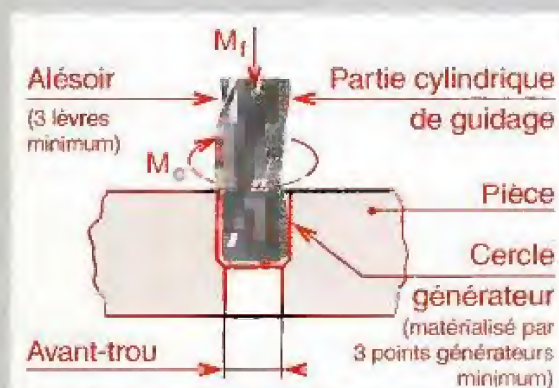
Analogue à celui du tournage voir § 29.1\*

## TRAVAIL DE FORME 40.2

Lors de l'usinage :

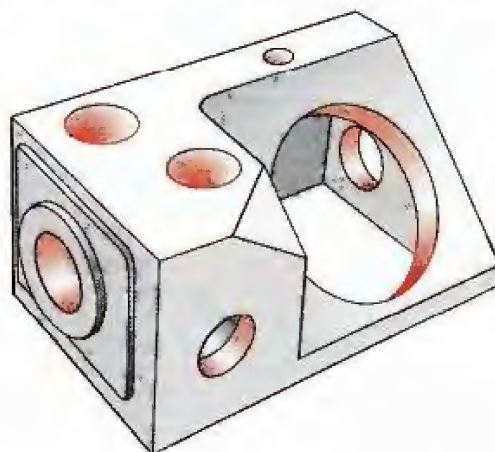
- le cercle générateur matérialisé par au moins trois points générateurs de l'alésoir détermine la circularité de la surface,
- la partie guide de l'alésoir donne les corrections géométriques de cylindricité.

### Travail de forme



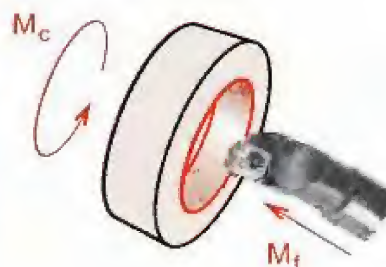
\* États de surface : voir chapitre 76 et 77.

## Exemples de surfaces obtenues par alésage

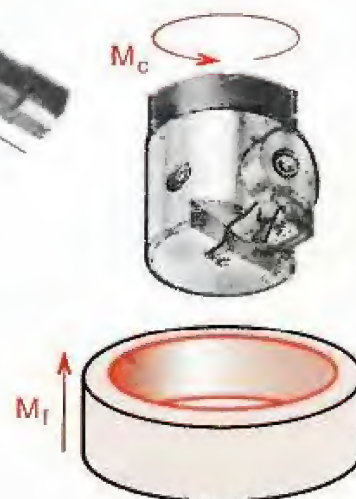


### Travail d'enveloppe

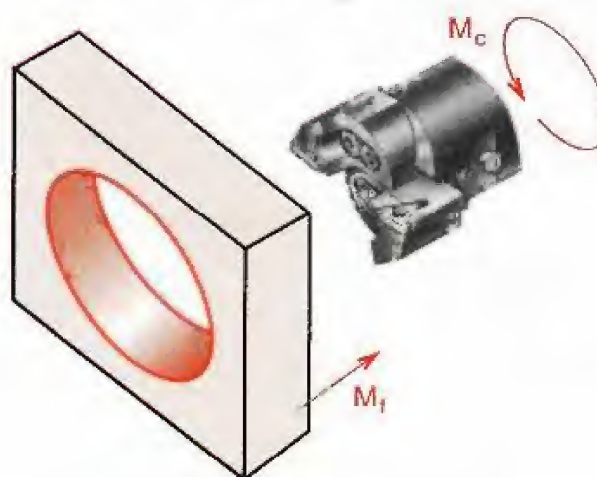
#### Tour



#### Fraiseuse verticale



#### Fraiseuse horizontale



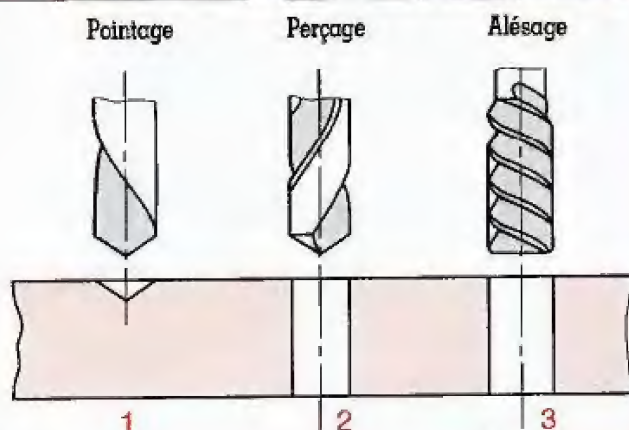


**Mode opératoire**

- Pointer le trou avec un foret à pointer (1)\*.
- Percer au diamètre d'ébauche (2).
- Aléser (3).

**Diamètre de perçage\*\*****Formule pratique**

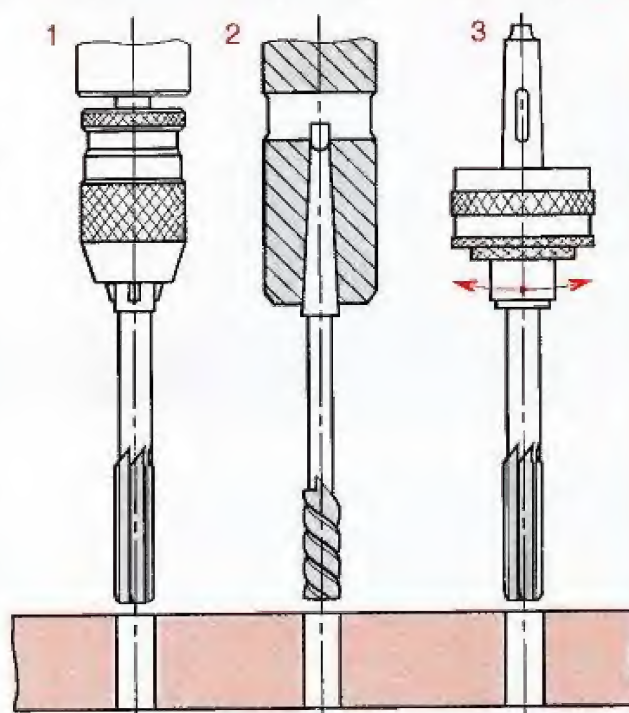
$$\varnothing \text{ de perçage} = \varnothing \text{ d'alésage} \times 0.98.$$

**MONTAGE DES ALÉSOIRS****Alésages sur machines conventionnelles**

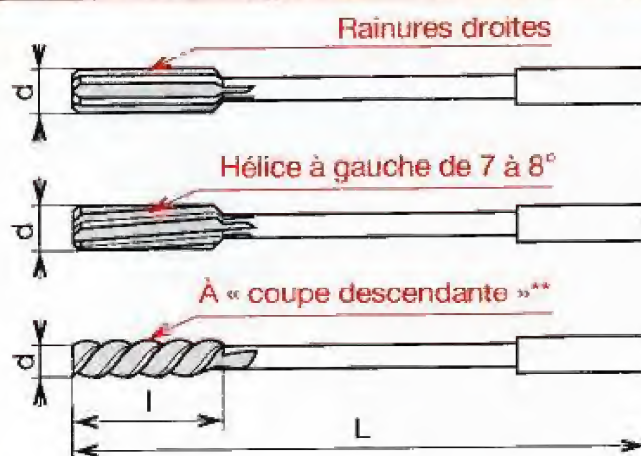
- Les alésoirs se montent dans le mandrin de perçage (queue cylindrique, (1)) ou directement dans la broche (queue conique, (2)).
- Le meilleur résultat est obtenu en utilisant un montage flottant (3). Cet appareil permet un bon centrage et guidage de l'alésoir.
- Les avances peuvent varier largement en fonction de l'état de surface désiré.
- Une avance trop faible donne souvent un alésage trop grand.
- Une avance trop forte donne un alésage à la cote mais un mauvais état de surface.

**REMARQUE**

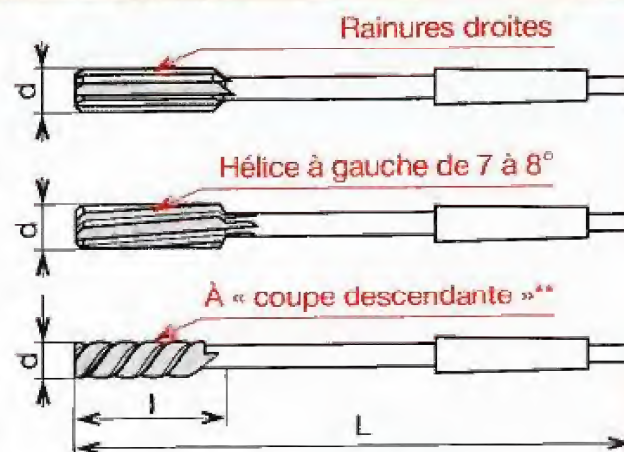
Pour les machines à commande numérique utiliser des mandrins à pince.

**Alésoirs à machine à queue cylindrique**

NF E66-014



\*\*  $1 < d < 20$  Coupe à droite

**Alésoirs à machine à queue cône morse NF E 66-015 - ISO 521**

\*\* Pour alésages débouchants ou borgnes (dégagement des copeaux)

\* Voir § 36.2.

\*\* Voir tableau : Surépaisseur de rayon § 41.3.



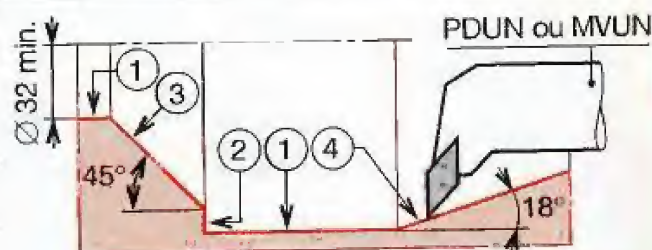
# 41.1 CHOIX D'UN PORTE-OUTIL À ALÉSER

La forme de la pièce est un critère déterminant pour le choix d'un type d'outil.

Le tableau à deux entrées permet de choix d'un porte-outil.

## EXEMPLE

Soit à aléser un profil correspondant aux opérations élémentaires 1 à 4. Deux outils peuvent être utilisés, PDUN ou MVUN. Choisir le plus rigide, soit PDUN.



## CHOIX D'UN OUTIL À ALÉSER EN FONCTION DE LA PLAQUETTE ET DE L'OPÉRATION

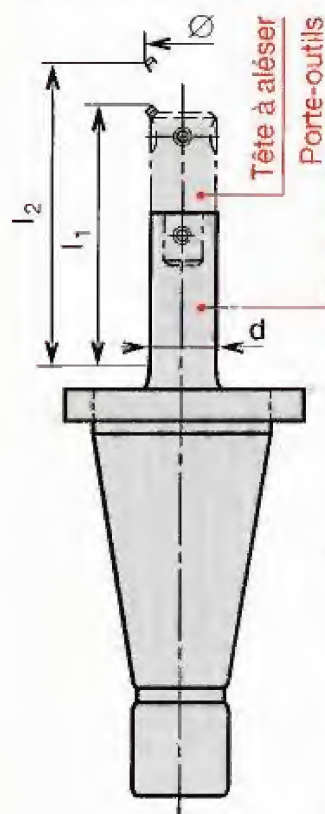
Plaquette	Outil et opération	** $\kappa_r$	*** $\varnothing_{\min}$	① Chariotage longitudinal $\varnothing_{\min}$ $\delta = \kappa_r - 30^\circ$	② Dressage de face	③ Copiage pente ascend.	④ Copiage pente descend.	⑤ Remontée de face	Synthèse des trajectoires	Référence du porte-outil	Référence des plaquettes
C 80° 		95°	20	X	X*	$\delta \leq 93^\circ$ *		X		PCLN	CNMM CNMG CNGA CNMA
D 55° 		93°	32	X	X*	$\delta \leq 90^\circ$ *	$\delta \leq 27^\circ$			PDUN	DNMM DNMG DNGA DNMA
S 90° 		75°	32	X		$\delta \leq 72^\circ$ *				PSKN	SNMM SNMG SNGA SNMA
T 60° 		91°	20	X		$\delta \leq 88^\circ$ *				PTFN	TNMM TNMG TNGA TNMA
W 80° 		95°	25	X	X	$\delta \leq 92^\circ$ *		X		MWLN	WNMG
V 35° 		93°	50	X	X	$\delta \leq 90^\circ$ *	$\delta \leq 50^\circ$			MVUN	VNMG
R - 		-	32	X		$\delta \leq 90^\circ$ *		X		CRSP	RPGN (céramique)

\* Pour un copeau  $a_p$  faible  $\approx 0,2$  (finition). \*\*  $\kappa_r$  = angle de direction d'arête.

\*\*\*  $\varnothing_{\min}$  = diamètre minimal de perçage.

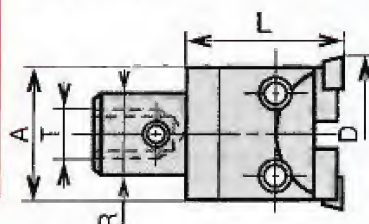


## ① Porte-outil à aléser\* - Capacité 20 à 100 mm

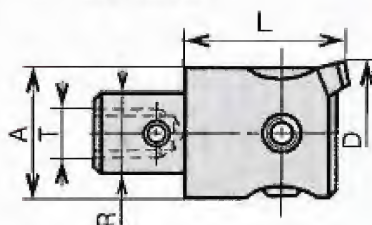


## ② Têtes à aléser

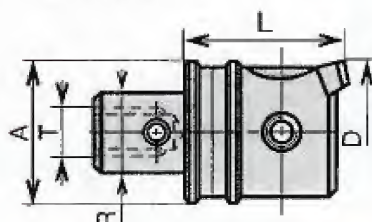
A - Ébauche



B - Demi-finition



C - Finition



Capacité $\varnothing$ mm	d	$l_1$	$l_2$	Porte-outil	Tête à aléser
25 - 28	19	80	100	ISC30	Ébauche
25 - 33	24	100	130	40	
32 - 42	31	130	160	50	
41 - 54	39	160	200	MORSE 2	1/2 finition
53 - 70	50	160	200	3	
68 - 100	64	160	200	4	
				5	Finition
				SA 30	
				40	

## CONDITIONS DE COUPE

Matière (Rr en MPa***)	Vitesse de coupe (m/min)**	Diamètre (mm)	Avance (mm/tr)	Surépaisseur au rayon (mm)
Acier Rr = 400	20	5 à 10	0,06 à 0,10	0,10
Acier 400 < Rr < 600	16	10 à 15	0,10 à 0,15	0,15
Acier 600 < Rr < 800	12	15 à 20	0,15 à 0,20	0,20
Acier 800 < Rr < 1 000	8	20 à 35	0,20 à 0,30	0,30
Acier 1 000 < Rr < 1 200	6	35 à 50	0,30 à 0,50	0,40
Fonte douce	12 à 18	50 à 70	0,50 à 0,80	0,50
Fonte dure	8 à 12	> 70	0,80 à 1	0,60
Alliages légers	20 à 60	-	-	-

\* Kaiser, distribué par Sovéco - 92404 Courbevoie. \*\* Pour des outils carbure, prendre les vitesses de coupe du tournage. \*\*\* MPa = mégapascals (GPa/10). 56.

## 41.2 PORTE-OUTIL À ALÉSER

Ces porte-outils sont à queue cône morse ou cône 7/24. Ils peuvent recevoir trois types de tête à aléser : ébauche ; demi-finition ; finition.

## TÊTES À ALÉSER À DEUX TRANCHANTS

Ces têtes sont utilisées pour l'ébauche (fig. 2A). Les deux coupeurs sont réglés axialement et radialement.

■ Dans le cas d'une ébauche légère, les deux coupeurs peuvent se situer sur le même diamètre et dans le même plan.

■ Dans le cas d'une ébauche importante, il est nécessaire de décaler les outils axialement et radialement.

## TÊTES À ALÉSER À UN TRANCHANT

Ces têtes sont utilisées pour la demi-finition et la finition d'alésages précis.

■ Les modèles employés en demi-finition sont réglables par vis micrométriques (fig. 2B).

■ Les modèles employés en finition sont réglables radialement par bague (fig. 2C).

## 41.3 CONDITIONS DE COUPE (ALÉSOIR)

La première partie du tableau ci-contre donne la vitesse de coupe d'un alésoir en fonction du matériau.

La deuxième partie donne l'avance  $f$  et la surépaisseur au rayon en fonction du diamètre.

## EXEMPLE

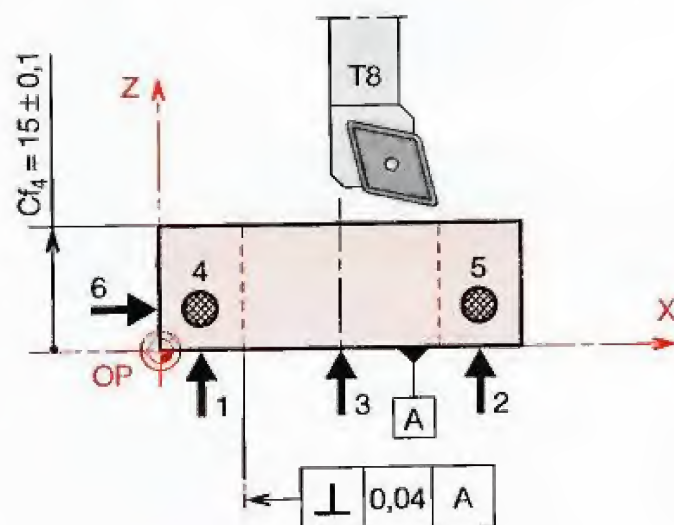
Soit à aléser avec un alésoir en acier rapide une pièce en acier C 35 ( $R = 570$  MPa)\*\*\* de  $\varnothing 25$ .

La première partie du tableau donne  $V_c = 16$  m/min.

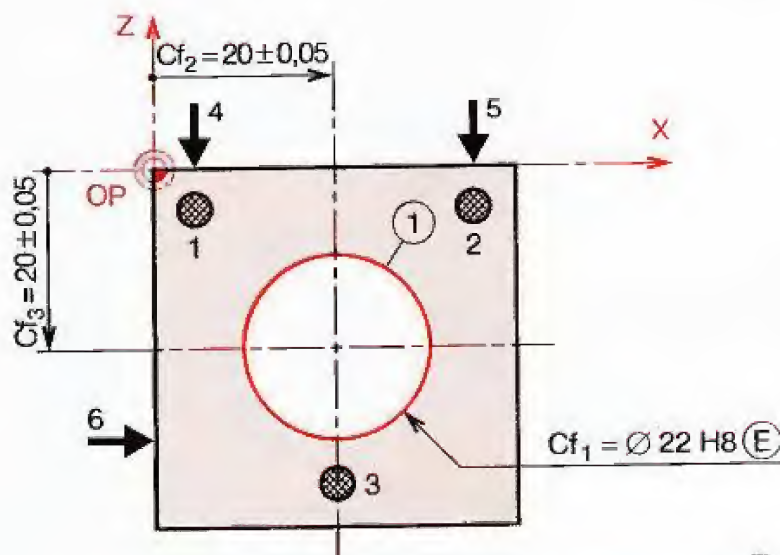
La deuxième partie donne  $f = 0,2$  à  $0,3$  mm/tr et la surépaisseur au rayon  $0,3$ .



PHASE : 200 S/PH : 210			CONTRAT DE PHASE FRAISAGE							NOM : _____	
ENSEMBLE : Monture équatoriale										DATE : _____	
PIÈCE : Entretoise			MACHINE : Fraiseuse CN NUM 750							N° PROG : % 2006	
MATIÈRE : EN-GJL 200			PORTE-PIÈCE : Étréu							N° DOC : FAB - ME 13	
NOMBRE : 100			BRUT : Phase 100							ATELIER : UF 1	
Opérations d'usinage			Éléments de coupe			Éléments de passe				Outillage	
N°	Rep.	Désignation	V <sub>c</sub>	f <sub>z</sub>	n	a <sub>p</sub>	n <sub>p</sub>	V <sub>f</sub>	Lub	Fabrication	Vérification
213	T8	Aléser ① Ø 22 H8 ⑤ Suivant OX Cf <sub>2</sub> = 20 ± 0,05 Suivant OY Cf <sub>3</sub> = 20 ± 0,05 Suivant OZ Cf <sub>4</sub> = 15 ± 0,1	100	0,1	1 450	0,2	1	145	non	Tête à aléser A720 (EPB) Porte-plaquette A 728 045 Plaquette CCGT 06 02 02 03G2	Calibre à coulisse Tampon lisse Ø 22 H8



Fiche outil page suivante



Tolérances générales ISO 2768-mK.



## FICHE OUTIL N° FR 12

PRÉPARATEUR: \_\_\_\_\_ DATE: \_\_\_\_\_

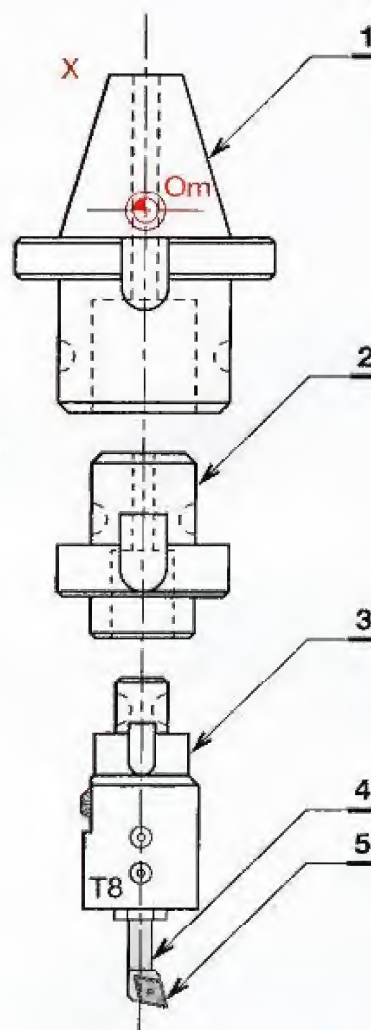
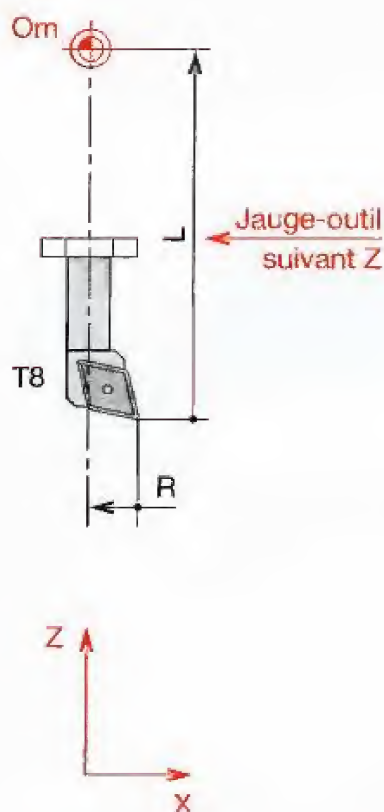
MACHINE : Fraiseuse CN NUM 750

NUMÉRO D'OUTIL : T8

CORRECTEUR D'OUTIL : D8

## CORRECTIONS D'OUTILS

Jauge-outil en X	Jauge-outil en Z	Rayon outil	Orientation nez outil
	L = 154,68	R = 22,016	

Case utilisée  
pour le tournage

Voir aussi chapitre 56 sur les jauges-outils.

Rep.	Désignation	Références	Observations
1	Attachement	EM 4464 401 2855	EPB
2	Réduction	M 403 53	EPB
3	Tête à aléser	A 720	EPB
4	Porte-plaquette	A 728 045	EPB
5	Plaquette	CCGT 06 02 02 03G3	EPB



Le fraisage est une opération d'usinage permettant d'obtenir des surfaces planes et des surfaces de formes quelconques sous l'action d'un outil coupant appelé « fraise ».

On distingue deux principes fondamentaux de génération, d'une surface :

- le travail d'enveloppe,
- le travail de forme.

L'enlèvement des copeaux est obtenu par la combinaison de deux mouvements :

- un mouvement de coupe  $M_c$  obtenu par la rotation de l'outil fraise,
- un mouvement d'avance  $M_f$  de la pièce ou de l'outil.

## TRAVAIL D'ENVELOPPE 43.1

Lors de l'usinage, l'ensemble des positions successives du « point générateur » de chaque dent de la fraise détermine la forme de la surface obtenue\*.

- Le mouvement de coupe  $M_c$  impose à chaque point générateur de décrire un cercle.
- Le mouvement d'avance  $M_f$  permet à chaque point générateur de parcourir toute la surface.

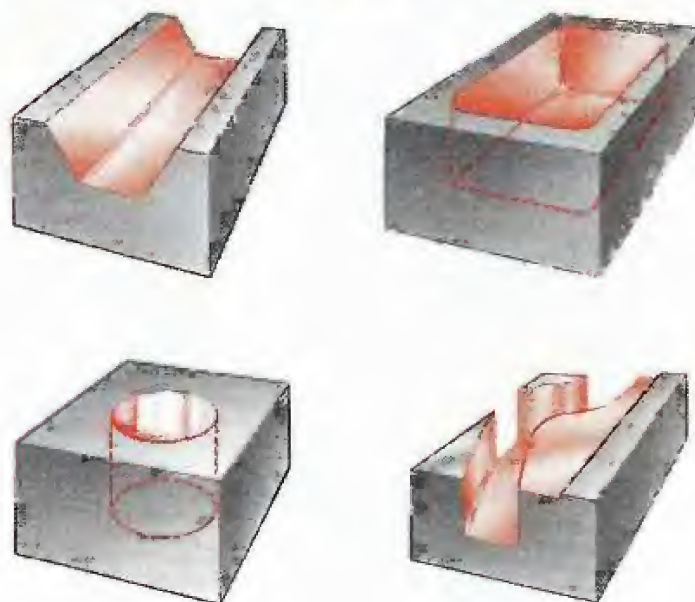
## TRAVAIL DE FORME 43.2

Lors de l'usinage, la forme de l'arête tranchante de la fraise, ou « ligne génératrice », détermine le profil de la surface obtenue\*.

- Le mouvement de coupe  $M_c$  impose à chaque point de la ligne génératrice de décrire un cercle.
- Le mouvement d'avance  $M_f$  permet à la ligne génératrice de parcourir toute la surface.

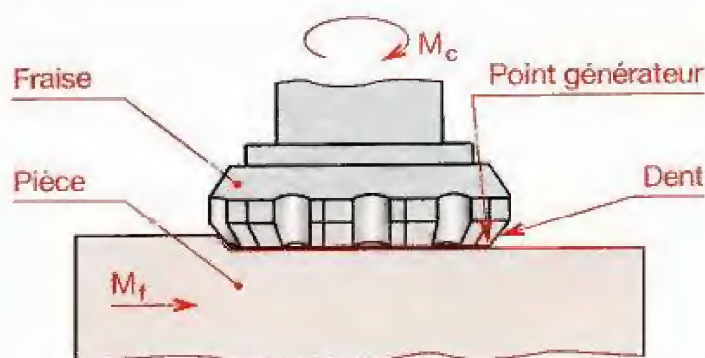
\* États de surface : voir chapitres 76 et 77.

## Exemples des surfaces obtenues par fraisage



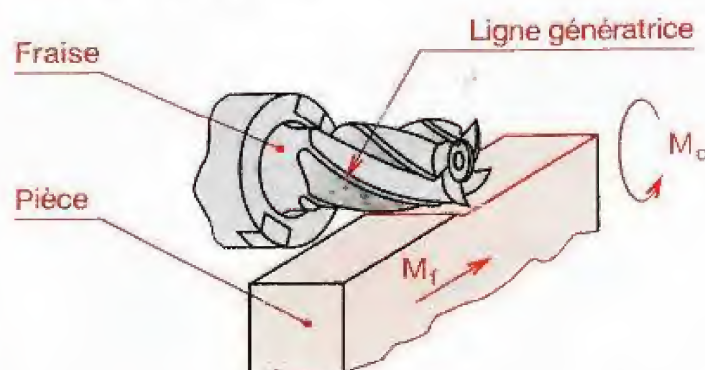
### Travail d'enveloppe

Fraisage de face ou en bout



### Travail de forme

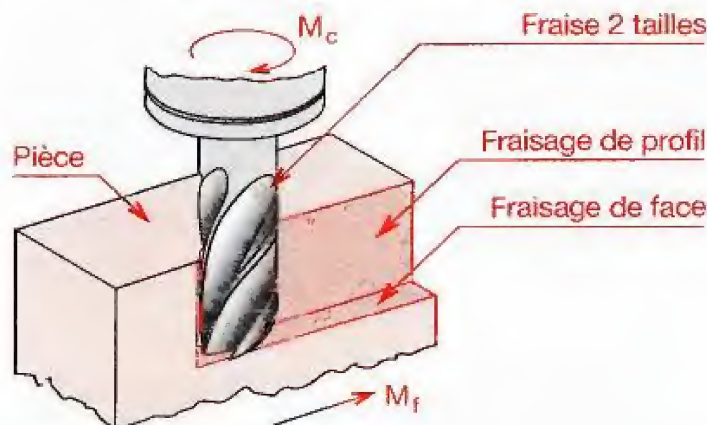
Fraisage de profil ou en roulant



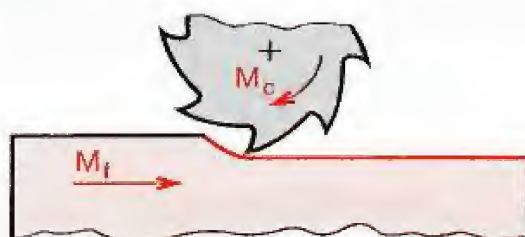


### Travail mixte

#### Fraisage de face et fraisage de profil



#### Fraisage en opposition



#### Fraisage en concordance ou en avalant



#### REMARQUE

Les fraises « deux tailles » ou « trois tailles » (deux ou trois arêtes tranchantes) peuvent usiner simultanément en travail d'enveloppe et en travail de forme.

## 43.3 MODES DE FRAISAGE

### 43.31 FRAISAGE EN OPPOSITION

Dans la zone d'usinage, le mouvement d'avance  $M_f$  et le mouvement de coupe  $M_c$  sont de sens contraire.

L'épaisseur du copeau est minimale à l'attaque d'une dent et croissante pendant toute la coupe.

### 43.32 FRAISAGE EN CONCORDANCE OU EN AVALANT

Dans la zone d'usinage, le mouvement d'avance  $M_f$  et le mouvement de coupe  $M_c$  sont de même sens.


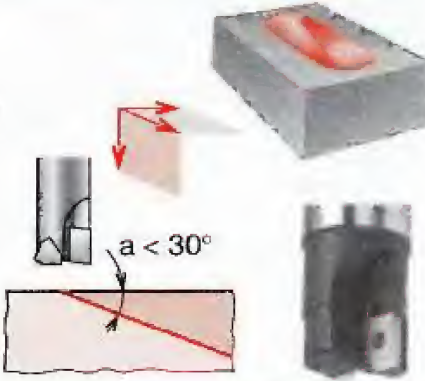
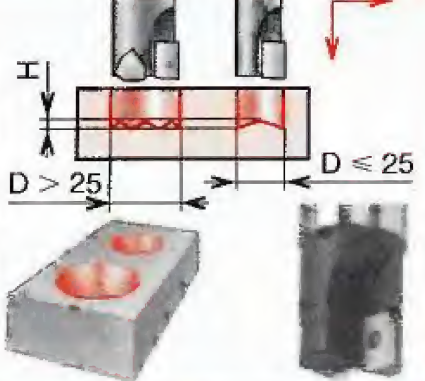
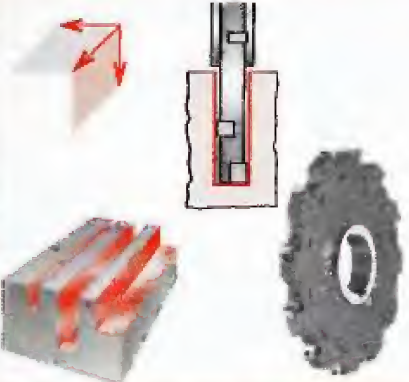
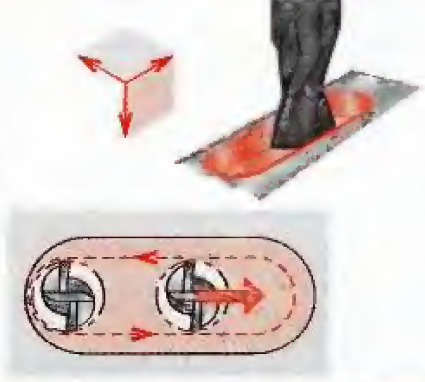
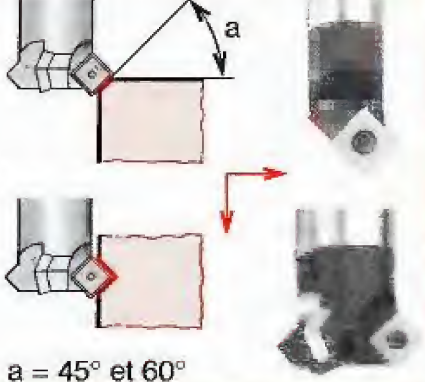

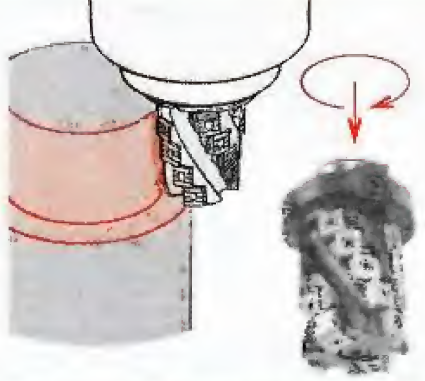
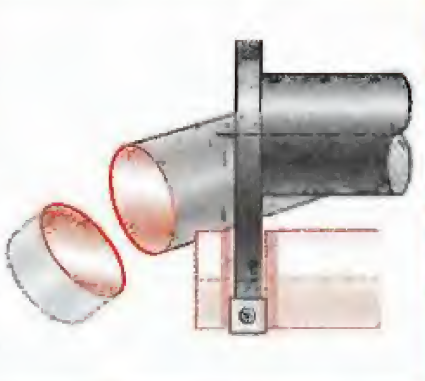
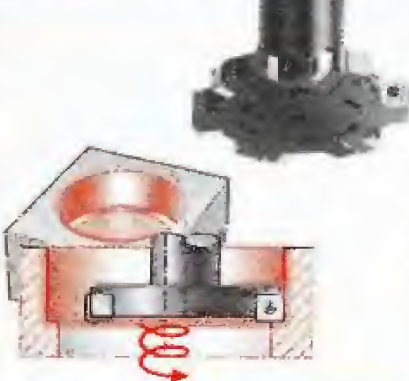

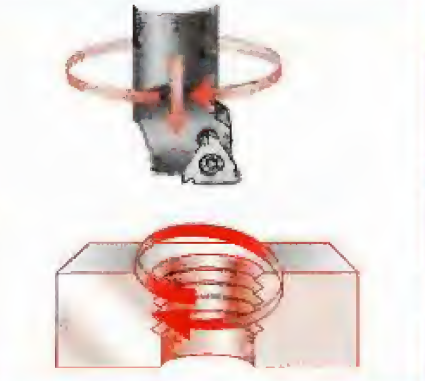
L'épaisseur du copeau est maximale à l'attaque d'une dent et décroissante pendant toute la coupe.

Ce mode de fraisage ne peut être utilisé que sur les machines à commande numérique ou sur les machines à rattrapage de jeu.

## 43.4 PRINCIPALES OPÉRATIONS

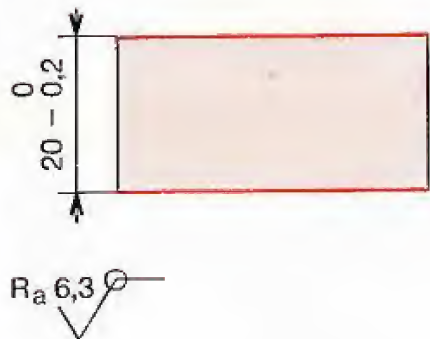
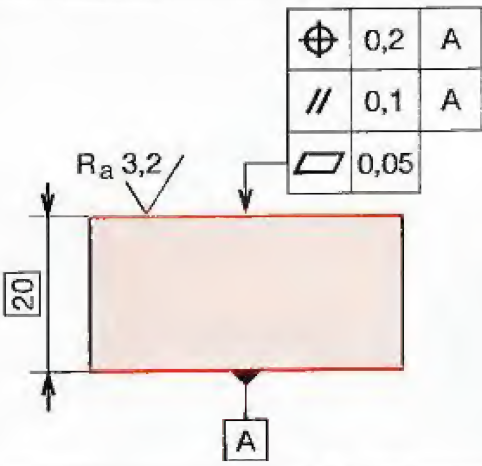
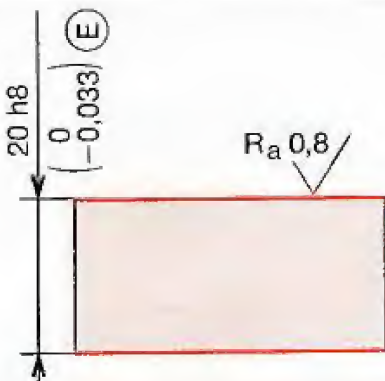
Surfaçage	Surfaçage et dressage	Fraisage latéral ou de profil



Fraisage en poche	Fraisage en pente*	Perçage*
		
Rainurage débouchant	Rainurage non débouchant	Chanfreinage
		 <p><math>a = 45^\circ \text{ et } 60^\circ</math></p>
Profilage - Copiage	Contournage	Tronçonnage
		
Alésage de cylindre	Filetage extérieur	Filetage intérieur
		



## 43.5 IDENTIFICATION DES SURFACES\*

Exemple	Spécification	Signification
 <p>Tolérances générales ISO 2768-K</p>	$\begin{array}{c} 0 \\ 20 - 0,2 \end{array}$ <p>GPDT 15 et 17.1**</p>	Toute distance, ou dimension locale, entre les deux plans tolérancés doit être comprise entre 20 et 19,8.
	<p>ISO 2768-K</p> <p>GPDT 15.812**</p>	<p>Tolérances géométriques générales :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ K : classe de précision pour les tolérances géométriques.</li> <li>■ Tolérance de parallélisme : 0,2 En prenant chaque surface à tour de rôle comme référence, la surface contrôlée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0,2 et parallèles à la surface choisie comme référence (GPDT 16.6).</li> <li>■ Tolérance de planéité : 0,1 La surface doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0,1 (GPDT 16.5).</li> </ul>
	$Ra\ 6,3$ <p>GPDT 13.2**</p>	Limite supérieure de rugosité $R_a\ 6,3\ \mu m$ , valable pour toutes les surfaces de la pièce.
	$\begin{array}{ c c c } \hline \text{⊕} & 0,2 & A \\ \hline // & 0,1 & A \\ \hline \text{⊥} & 0,05 & \\ \hline \end{array}$ <p>GPDT 17.3**</p>	Le plan tolérancé doit être compris entre deux plans parallèles distants de 0,2 et disposés symétriquement par rapport à la position théorique spécifiée 20.
	$//\ 0,1\ A$ <p>GPDT 16.7**</p>	Le plan tolérancé doit être compris entre deux plans parallèles distants de 0,1 et parallèles à la surface A choisie comme référence.
	$\text{⊥}\ 0,05$ <p>GPDT 16.4 et 16.6**</p>	La surface doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0,05.
	$Ra\ 3,2$ <p>GPDT 18.5**</p>	Limite supérieure de rugosité $R_a\ 3,2\ \mu m$ .
	$\begin{array}{c} 20\ h8 \\ \left( \begin{array}{c} 0 \\ -0,033 \end{array} \right) (E) \end{array}$ <p>GPDT 17.21**</p>	<p>Exigence de l'enveloppe :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ l'enveloppe de forme parfaite à la dimension au maximum de matière ne doit pas être dépassée, c'est-à-dire que les deux plans parallèles de la pièce doivent passer dans un calibre de contrôle « entre » de cote 20 théoriquement exacte ;</li> <li>■ aucune des dimensions locales ne doit être inférieure à 19,067.</li> </ul>
	$Ra\ 0,8$ <p>GPDT 13.2**</p>	Limite supérieure de rugosité $R_a\ 0,8\ \mu m$ .

\* Ou analyse des spécifications de dimensions, de formes, de positions et d'états de surfaces.

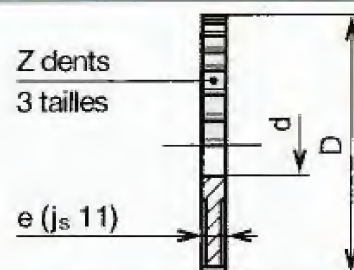
\*\* Voir l'illustration de la zone de tolérance dans le GPDT au paragraphe indiqué.



## FRAISES SCIES - DENTURE ALTERNÉE - DENTURE HELLER

D	d	e	D	d	e
63			150		
85		1-1,2-1,6-2-2,5	160		1-1,2-1,6-2-2,5
100	22-27	3-3,5-4-5-6	175	32	3-3,5-4-5-6
125	22-27		200	32	

La denture alternée convient particulièrement pour les métaux tendres et facilite le tronçonnage à grand débit.



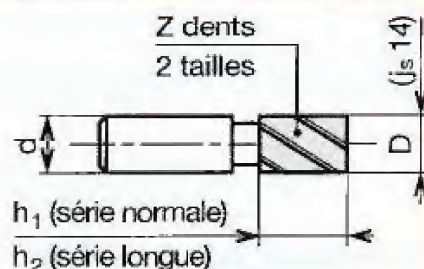
DÉSIGNATION : Fraise-scie 3 tailles, denture alternée : D x d, e.

## FRAISES CYLINDRIQUES 2 TAILLES

À queue cylindrique

NF E 66-211 - ISO 1641

D	d	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	Z	D	d	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	Z
2	4	7	10	3	8	8	19	38	4
2,5	4	8	12		10	10	22	45	
3	4	8	12		12	12	26	53	
4	4	11	19		(14)	12	26	53	
5	5	13	24		16	16	32	63	
6	6	13	24		20	20	38	75	



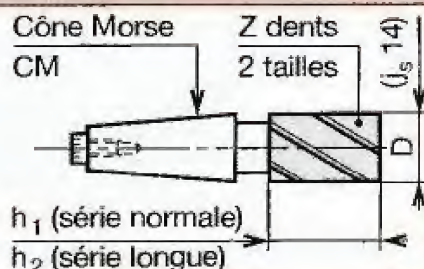
DÉSIGNATION : Fraise 2 tailles, queue lisse D x d, A\*.

ISO 1641

À queue cône Morse

NF E 66-212 - ISO 1641

D	CM	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	Z	D	CM	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	Z
6	1	13	24	3	20	3	38	75	4
8	1	19	38	4	25	3	45	90	5
10	1	22	45		(28)	3	45	90	
12	1	26	53		32	3	53	106	
12	2	26	53		32	4	53	106	6
16	2	32	63		40	4	63	125	
20	2	38	75		50	4	75	150	

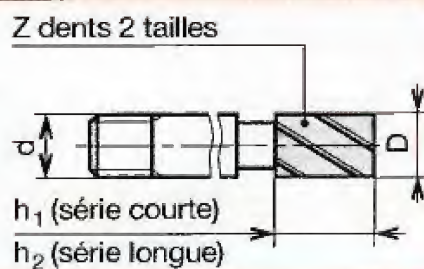


DÉSIGNATION : Fraise 2 tailles CM n°... D, A\*.

ISO 1641

À queue cylindrique fileté

D	d	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	Z	D	d	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	Z
2,5	6	7	-	4	12	12	26	51	4
3	6	11	18		16	16	30	64	
4	6	13	24		20	16	35	76	
5	6	16	30		25	25	44	99	5
6	6	18	30		32	32	51	102	6
8	10	22	33		40	32	60	102	6
10	10	24	44		45	32	63	102	8



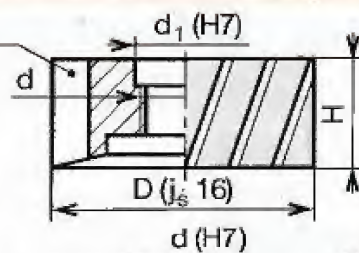
DÉSIGNATION : Fraise cylindrique 2 tailles, queue fileté D x d, série, ...

À trou taraudé et centrage arrière

NF E 66-213

D	d	d <sub>1</sub>	H	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	D	d	d <sub>1</sub>	H	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>
25	M12	14	25	6	-	63	M24	26	40	8	5
32	M12	14	28	6	-	80	M30	32	45	10	6
40	M16	18	32	6	4	100	M30	32	50	12	8
50	M20	22	36	8	5	125	M36	38	56	12	10

Z<sub>1</sub> dents  
Z<sub>2</sub> dents pour alliages légers

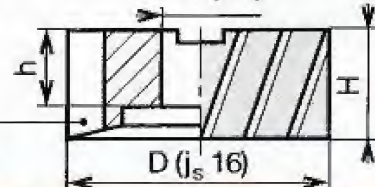


Entraînement par tenons

NF E 66-214 - ISO 2586

D	d	H	h	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	D	d	H	h	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>
40	16	32	18	6	4	80	27	45	22	10	6
50	22	36	20	8	4	100	32	50	25	12	7
63	27	40	22	8	5	-	-	-	-	-	-

Z<sub>1</sub> dents  
Z<sub>2</sub> dents pour alliages légers



DÉSIGNATION : Fraise cylindrique 2 tailles, D, \*\*

ISO 2586

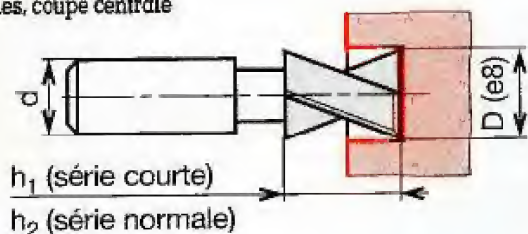
Éviter l'emploi des valeurs entre parenthèses.

\* La lettre A désigne la série courte ; ne rien mettre pour la série normale.

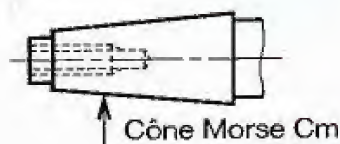
\*\* Si nécessaire préciser « pour alliages légers ».



## 2 tailles, coupe centrale



Queue  
Cône Morse



Queue fileté



Ces fraises sont destinées à l'usinage des rainures quand il est impossible de les exécuter avec une fraise 3 tailles.

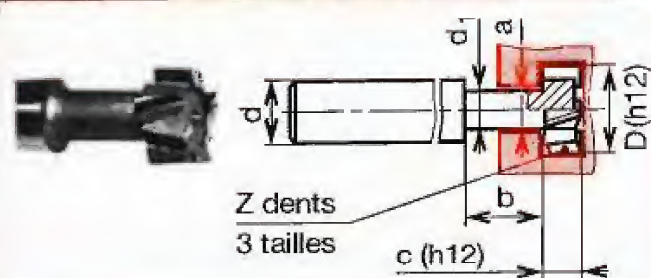
La « coupe centrale » (une des dents a une longueur d'arête de coupe  $L > D$ ) autorise un travail en plongée sans perçage préalable.

## DÉSIGNATIONS :

Fraise à rainurer, queue cylindrique,  $\bar{D} \times d, A^*$  ISO 1641

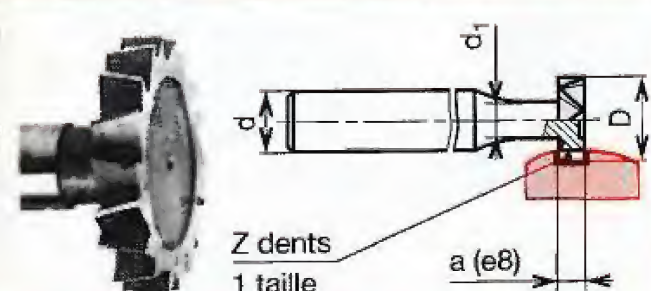
Fraise à rainurer, cône Morse n° \_\_\_\_\_,  $\bar{D}$  ISO 1641

Fraise à rainurer 2 dents, queue fileté,  $\bar{D}$ , série \_\_\_\_\_.



## DÉSIGNATION :

Fraise à queue cylindrique pour rainure à T de  $\alpha$ . ISO 3337



## DÉSIGNATION :

Fraise pour logement de clavette disque  $\bar{D} \times \alpha$ . ISO 12197

## FRAISES À RAINURER 2 DENTS

## À queue cylindrique

NF E 66-217 - ISO 1641

D	d	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	D	d	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	D	d	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>
2	4	4	7	6	6	8	13	12	12	16	26
2,5	4	5	8	(7)	8	10	16	(14)	12	16	26
3	4	5	8	8	8	11	19	16	16	19	32
(3,5)	4	6	10	(9)	10	11	19	(18)	16	19	32
4	4	7	11	10	10	13	22	20	20	22	38
5	5	8	13	(11)	12	13	22	-	-	-	-

## À queue cône Morse

NF E 66-218 - ISO 1641

D	CM	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	D	CM	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	D	CM	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>
6	1	8	13	(14)	2	16	26	32	3	32	53
(7)	1	10	16	16	2	19	32	32	4	32	53
8	1	11	19	(18)	2	19	32	(36)	3	32	53
(9)	1	11	19	20	2	22	38	(36)	4	32	53
10	1	13	22	20	3	22	38	40	4	38	63
(11)	1	13	22	(22)	2	22	38	45	4	38	63
12	1	16	26	(22)	3	22	38	50	4	45	75
12	2	16	26	25	3	26	45	56	4	45	75
(14)	1	16	26	(28)	3	26	45	-	-	-	-

## À queue fileté

NF E 66-217 - ISO 1641

D	d	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	D	d	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	D	d	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>
2	6	5	-	(9)	10	14	22	(22)	25	25	41
2,5	6	7	11	10	10	14	22	25	25	27	45
3	6	8	11	(11)	12	17	22	(28)	25	30	45
4	6	10	13	(12)	12	19	25	32	32	38	51
5	6	10	16	(14)	12	21	29	(36)	32	40	54
6	6	11	16	16	16	21	32	40	32	46	57
(7)	10	11	16	(18)	16	24	35	(45)	32	51	57
8	10	13	19	20	16	25	38	-	-	-	-

## FRAISES POUR RAINURES À T

NF E 66-229 - ISO 3337

D	d	b	c	d <sub>1</sub>	$\alpha$	D	d	b	c	d <sub>1</sub>	$\alpha$
11	10	10	3,5	4	5	25	16	23	11	12	14
12,5	10	11	6	5	6	32	16	28	14	15	18
16	10	14	8	7	8	40	25	34	18	19	22
18	12	17	8	8	10	50	32	42	22	25	28
21	12	20	9	10	12	60	32	51	28	30	36

Elle est utilisée après l'exécution d'une rainure de largeur  $\alpha$ , à la fraise 3 tailles ou à la fraise 2 tailles.

## FRAISES pour logement de clavettes-disques

NF E 66-234 - ISO 12197

D	$\alpha$	d	d <sub>1</sub>	Z	D	$\alpha$	d	d <sub>1</sub>	Z	D	$\alpha$	d	d <sub>1</sub>	Z
7	1,5	3	6	16	4	5	10	10	28	6	10	10	10	10
7	2	3	6	19	6	6	12,5	12,5	32	8	11	10	14	14
10	2,5	4	10	16	7	7	10	10	28	8	11	14	14	14
10	3	4,5	10	19	8	8	12,5	12,5	32	10	15	18	18	18
13	3	4,5	10	22	9	9	15	15	45	10	15	18	18	18
16	4	5	10	25	10	10	16	16	45	10	15	18	18	18

Éviter l'emploi des valeurs entre parenthèses.

\* La lettre A désigne la série courte, ne rien mettre pour la série normale.



# FRAISES D'ÉBAUCHE

Denture brise-copeaux

À queue cylindrique

D	8	10	12	(14)	16	(18)	20
d	10	10	12	12	16	16	16
h	19	22	26	26	32	32	38
Z	4	4	4	4	4	4	4

À queue cône Morse

D	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	Z	CM	D	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	Z	CM
12	26	53	4	2	(28)	45	90	5	3
(14)	26	53			32	53	106		
16	32	63			(36)	53	106		
(18)	32	63			40	63	125		
20	38	75	5	3	(45)	63	125	6	4
(22)	38	75			50	75	125		
25	45	90			-	-	-		

Entraînement par tenons

D	40	50	63	80	100	125
d	16	22	27	27	32	40
H	32	36	40	45	50	56
Z	6	7	8	10	12	14

Ces fraises se caractérisent par un grand débit de copeaux. Elles sont à profil rond pour les travaux d'ébauche et à profil plat pour les travaux de semi-finition.

Profil rond



Profil plat

Rainure brise-copeaux



## FRAISES 3 TAILLES À MOYEU

Denture alternée NF E 66-247

D	d	d <sub>1</sub>	H	Z	e
63	M16	18	16	16	5-6-8-10
80	M20	22	20	16	6-8-10-12
100	M24	26	24	18	8-10-12-14-16

L'obliquité des dents permet une coupe avec moins de chocs qu'une denture droite et l'inclinaison alternative supprime pratiquement la poussée axiale. Sur les faces, seule une dent sur deux coupe.

## FRAISES 3 TAILLES

Denture alternée

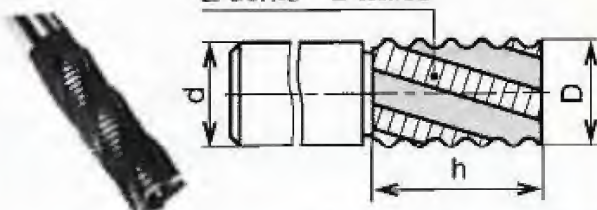
NF E 66-245

D	d	Z	d <sub>1</sub>	e
63	22	16	33	3-4-5-6-8-10-12
80	27	16	40	3-4-5-6-8-10-12-14-16
100	32	18	46	3-4-5-6-8-10-12-14-16-18-20
125	32	20	46	3-4-5-6-8-10-12-14-16-18-20
160	40	24	54	4-5-6-8-10-12-14-16-18-20
200	40	24	54	4-5-6-8-10-12-14-16-18-20

L'absence de moyeu fileté permet de monter plusieurs fraises.

Éviter l'emploi des valeurs entre parenthèses.

Z dents - 2 tailles

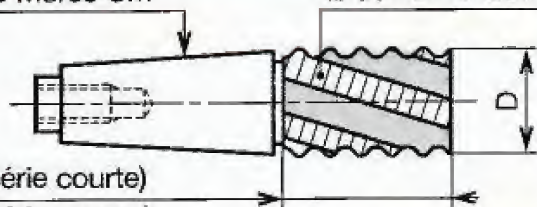


Profil rond ou profil plat

DÉSIGNATION : Fraise 2 tailles, denture brise-copeaux, profil —, queue cylindrique, D x d.

Cône Morse CM

Z dents - 2 tailles

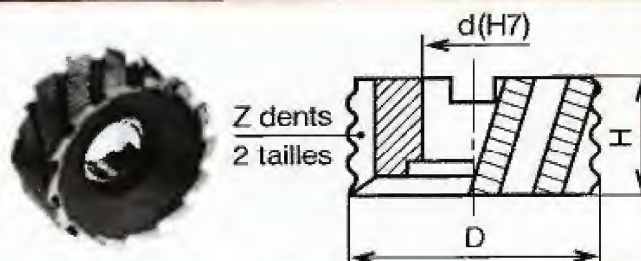


h<sub>1</sub> (série courte)

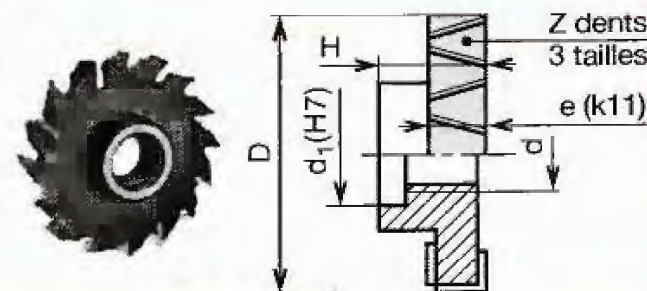
h<sub>2</sub> (série longue)

Profil rond ou profil plat

DÉSIGNATION : Fraise 2 tailles, denture brise-copeaux, profil —, queue cône Morse n° —, D, série —.



DÉSIGNATION : Fraise cylindrique 2 tailles, denture brise-copeaux, profil —, entraînement par tenons, D.

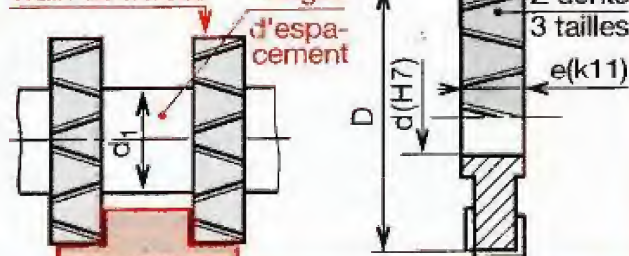


DÉSIGNATION : Fraise 3 tailles à moyeu : D-e.

NF E 66-247

Train de fraises

Bague d'espacement



DÉSIGNATION : Fraise 3 tailles à moyeu : D-e.

NF E 66-245



**FRAISES EXTENSIBLES 3 tailles denture alternée NF E 66-224 - ISO 2587**

D	d	e	Z	D	d	e	Z	D	d	e	Z
80	27	10	18	100	27	20	16	125	32	22	16
		12	16			22	16			25	16
		14	16			25	16			16	24
		16	16			14	20			18	20
100	27	14	16	125	32	16	18	160	32	20	20
		16	16			18	18			22	20
		18	16			20	18			25	20

L'extensibilité de cette fraise est intéressante pour l'exécution de rainures à une cote précise.

Le réglage de l'épaisseur est obtenu en plaçant des rondelles intercalaires entre les 2 parties de la fraise.

**FRAISES CONIQUES****À queue cylindrique - 1 ou 2 tailles NF E 66-231**

D	d	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	Z
16	12	4	6,3	12
20	12	5	8	14
25	16	6,3	10	14
32	16	8	12,5	16

**À trou taraudé et centrage arrière NF E 66-227**

D	40	50	63	80	100
d	M12	M12	M16	M20	M24
d <sub>1</sub>	14	14	18	22	26
H	10	13	16	20	25
Z	14	16	18	20	22

**Entraînement par clavettes NF E 66-243**

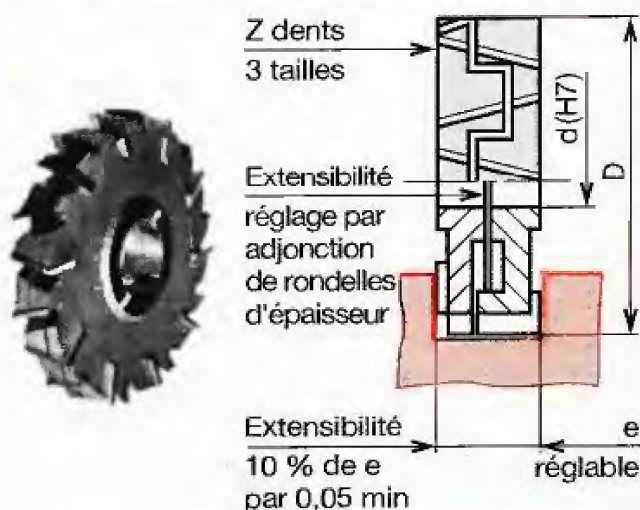
D	d	Z	H	α	D	d	Z	H	α
80	27	20	13	45°	80	27	20	16	65°
				50°					70°
				55°					75°
				60°					80°

Ces fraises sont utilisées notamment pour réaliser des queues d'aronde et tailler des roues à rochet. En principe, ces fraises sont employées après l'exécution d'une rainure rectangulaire d'ébauche.

**FRAISES ISOCÈLES NF E 66-242**

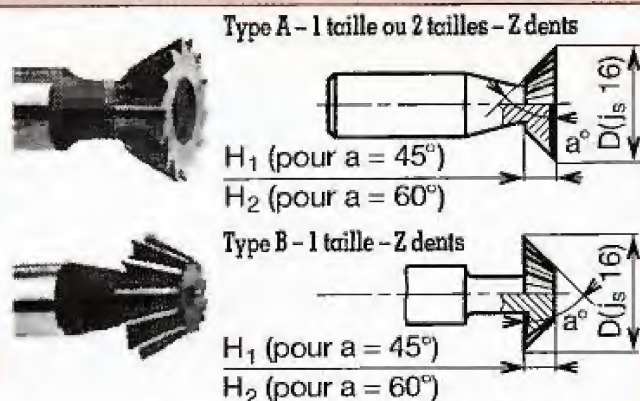
D	80	80	80	100	100
d	27	27	27	27	27
H	13	13	13	25	32
Z	20	20	20	22	22
α	45°	60°	90°	60°	90°

Ces fraises sont utilisées pour l'exécution de rainures en V, les dégagements d'angles ou de portées.

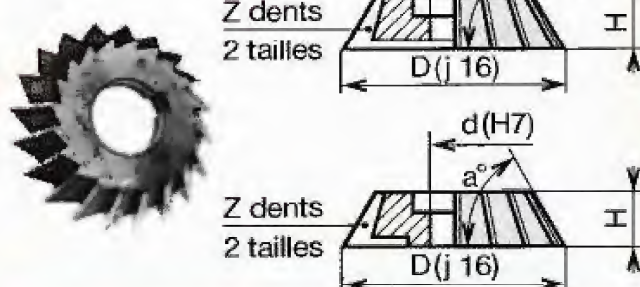


DÉSIGNATION : Fraise extensible 3 tailles : D-e.

ISO 2587



Tolérance sur α ± 30'



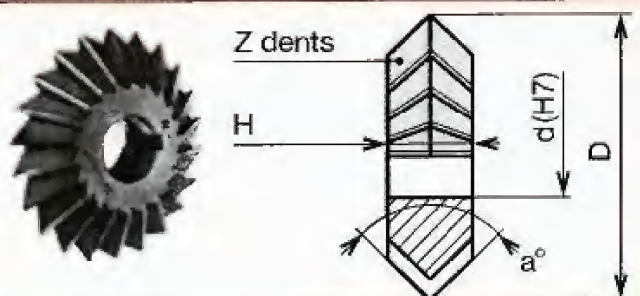
DÉSIGNATION : Fraise conique queue lisse α°.

type —, D, — taille.

Fraise conique 2 tailles α°, D.

NF E 66-231

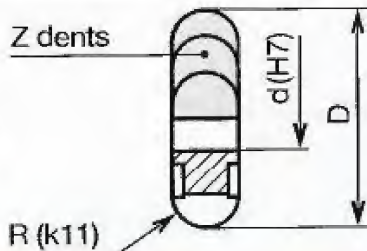
NF E 66—



DÉSIGNATION : Fraise isocète : α°, D.

NF E 66-242



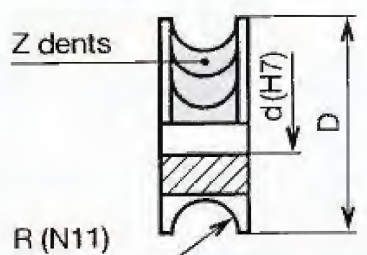


DÉSIGNATION : Fraise convexe, R.

ISO 3860

### FRAISES CONVEXES POUR 1/2 CERCLE NF E 66-220 - ISO 3860

R	D	d	Z	R	D	d	Z	R	D	d	Z
1	50	16	16	3	63	22	12	10	100	32	12
1,25	50	16	16	4	63	22	12	12	100	32	10
1,6	50	16	16	5	63	22	12	16	125	32	10
2	50	16	14	6	80	27	12	20	125	32	10
2,5	63	22	14	8	80	27	12	-	-	-	-



DÉSIGNATION : Fraise concave, R.

ISO 3860

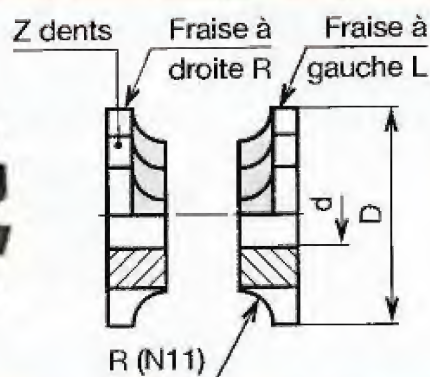
### FRAISES CONCAVES POUR 1/2 CERCLE NF E 66-219 - ISO 3860

R	D	d	Z	R	D	d	Z	R	D	d	Z
1	50	16	14	3	63	22	14	10	100	32	10
1,25	50	16	14	4	63	22	16	12	100	32	12
1,6	50	16	14	5	63	22	16	16	125	32	10
2	50	16	14	6	80	27	14	20	125	32	8
2,5	63	22	14	8	80	27	12	-	-	-	-

### FRAISES CONCAVES POUR 1/4 CERCLE

NF E 66-232

Mêmes dimensions que le tableau ci-dessus.



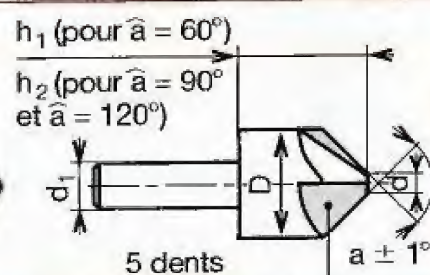
DÉSIGNATION : Fraise concave L (ou R), R.

ISO 3860

### Applications



Pour ces fraises à profil constant, la dépouille est obtenue par « détaillage » en spirale. L'affûtage se faisant sur la face de coupe, le profil est conservé.



DÉSIGNATION : Fraise à chanfreiner à queue cylindrique, D x α°.

ISO 3294

### FRAISES À CHANFREINER

#### Coniques à queue cylindrique

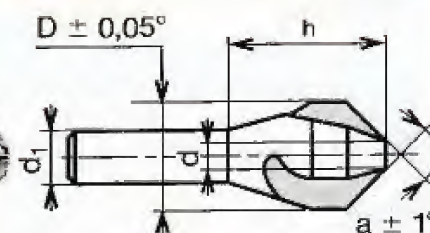
NF E 66-250 - ISO 3294

D	d	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	d <sub>1</sub>	D	d	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	d <sub>1</sub>
8	1,6	16	12	8	16	3,2	24	20	10
10	2	18	14	8	20	4	28	24	10
12,5	2,5	20	16	8	25	7	33	29	10

#### Coniques à noyer 3 dents

D	d	h	d <sub>1</sub>	D	d	h	d <sub>1</sub>	D	d	h	d <sub>1</sub>
4,3	1,5	10	4	9,4	2,5	12	6	20,5	4	28	10
5,3	1,5	10	5	10,4	2,5	12	6	25	6	35	12
6,3	1,5	10	6	12,4	3	17	8	28	6	37	12
7,3	2	12	6	14,4	3,5	20	8	31	6	48	12
8,3	2	12	6	16,5	4	20	8	-	-	-	-

Ces fraises permettent des chanfreinages précis ainsi que l'exécution soignée des logements pour têtes de vis à têtes fraisées.  
Les fraises à noyer 3 dents se distinguent par un grand rendement et une coupe particulièrement équilibrée.



DÉSIGNATION : Fraise à noyer, 3 dents, D x α°.



## FRAISES À SURFACER

## CoroMill 245

$D_c$	D	d	l	z	$D_c$	D	d	l	z
50	62,5	22	40	4	100	112,5	32	50	7
63	75,5	22	40	5	125	137,5	40	63	8
80	92,5	27	50	6	160	172,5	40	63	10

## ■ Machines-outils :

Centre d'usinage, petites fraiseuses, machines transfert.

## ■ Matières :

Aciers, aciers inoxydables, fontes, alliages d'aluminium, alliages de cuivre, alliages de titane.

## DÉSIGNATION :

Fraise à surfacer, CoroMill 245, pas réduit,  $D_c$ -d.

## FRAISES À SURFACER-DRESSER

## CoroMill 290

$D_c$	d	l	z	$D_c$	d	l	z
50	22	40	4	100	32	50	7
63	22	40	5	125	40	63	8
80	27	50	6	160	40	63	12

## ■ Machines-outils : tous types.

## ■ Matières : tous types.

■ Fraise à surfacer-dresser universelle, elle présente l'avantage de donner sur la pièce une pression axiale très faible par rapport à la fraise à surfacer.

## DÉSIGNATION :

Fraise à surfacer-dresser, CoroMill 290, pas réduit,  $D_c$ -d.

## FRAISES UNIVERSELLES

## CoroMill 200

## Queue cylindrique

## Montage sur mandrin

D	$D_c$	d	l	z	D	$D_c$	d	l	z
32	20	25	35	2	63	47	22	50	4
40	28	32	63	3	80	64	27	50	5
50	38	32	63	4	100	84	32	50	6
-	-	-	-	-	125	109	32	50	6

## ■ Machines-outils : tous types.

## ■ Matières : tous types.

■ Fraise universelle à haute productivité pour le fraisage général. Elle permet un usinage dans toutes les directions.

## DÉSIGNATION :

Fraise CoroMill 200, pas réduit, D-d.

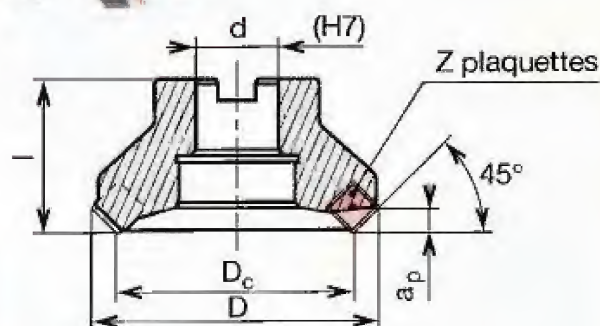
## CHOIX DU DIAMÈTRE DE FRAISE

■ En surfacage, on prend :  $D \approx 1,3 L$ .

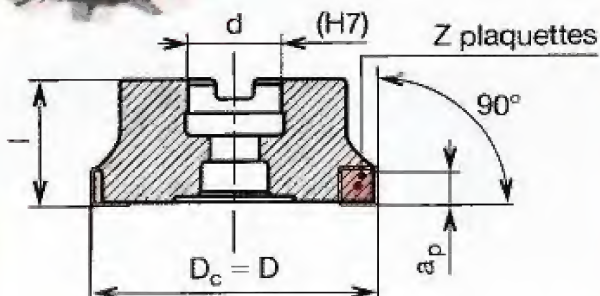
Pièces de faible largeur : on déporte la fraise afin de permettre à plusieurs dents de travailler en même temps.



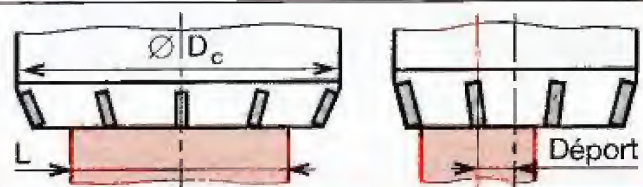
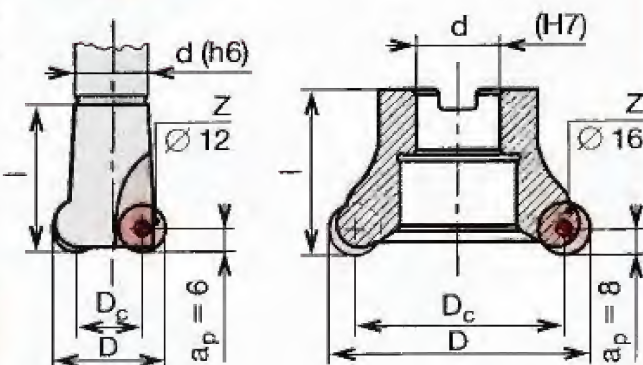
Plaquettes de 12 mm  
Profondeur de coupe  
maximale :  $a_p = 6$



Plaquettes de 12 mm  
Profondeur de coupe  
maximale :  $a_p = 10,7$



Z : nombre de plaquettes  
 $a_p$  : profondeur de coupe  
maximale





## FRAISES À RAINURER U-MAX R 215.44

$D_c$	$d$	$l$	$z$	$a_p$	$D_c$	$d$	$l$	$z$	$a_p$
12	16	16	1	9	25	25	32	2	15
16	16	20	2		32	32	40	3	
20	20	25	3		32	32	40	2	
20	20	25	2		40	32	50	4	
25	25	32	3		40	32	50	3	

- Machines-outils : tous types.
- Matières : tous types.
- Ces fraises s'utilisent pour le fraisage latéral et pour l'usinage de rainures débouchantes.
- Si la coupe est non continue, prendre le plus grand rayon de bec possible pour une meilleure durée de vie des plaquettes.

### DÉSIGNATION :

Fraise à rainurer, U-Max R 251.44, queue cylindrique, D.

## FRAISES À RAINURER À DENT PERÇANTE U-MAX R 216.2

$D_c$	$d$	CM	$l$	$z$	$a_p$	$D_c$	$d$	CM	$l$	$z$	$a_p$
12	16	2	20	1	8	25	25	3	39,9	2	15
16	16	2	25	1	10	32	32	3	39,9	2	15
20	20	2	39,7	1	15	40	32	3-4	39,9	2	15

- Machines-outils : tous types.
- Matières : tous types.
- Les fraises à dent perçante sont particulièrement utiles pour l'usinage des rainures non débouchantes et poches ne justifiant pas l'utilisation successive d'un foret et d'une fraise à rainurer.
- Les fraises à dent perçante sont des outils polyvalents capables de travailler dans toutes les directions pour le perçage et le fraisage.

### DÉSIGNATION :

Fraise à rainurer à dent perçante, queue \_\_\_\_\_, U-Max R 216.2, D.

## FRAISES DISQUES 3 TAILLES CoroMill N 331.32

$D_c$	$d$	$a_r$	$z$	$a_p$	$D_c$	$d$	$a_r$	$z$	$a_p$
80	27	19,5	6	7,2-10	125	40	34	10	10-12
			6	10-12				10	12-15
			6	12-15				8	15-17,5
100	32	25,5	8	7,9-10	160	40	51,5	8	17,5-20,5
			8	10-12				12	7,9-10
			8	12-15				12	10-12
			6	15-17,5				12	12-15
125	40	34	10	7,9-10				10	15-17,5

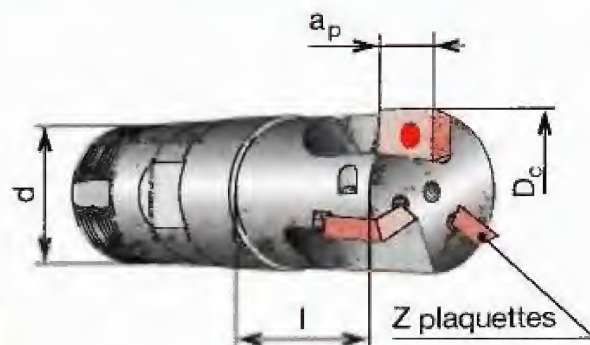
- Machines-outils : tous types.
- Matières : tous types.

### DÉSIGNATION :

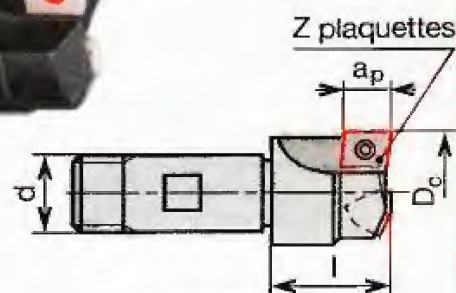
Fraise disque 3 tailles, CoroMill N 333.23,  $D_c$ - $a_p$ .



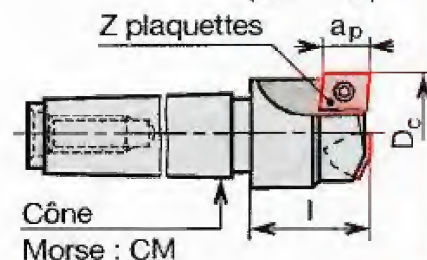
$a_p$  : profondeur de coupe maximale



Queue fileté



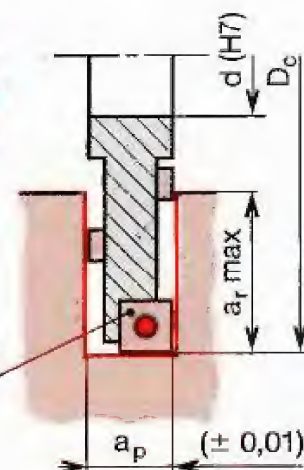
Queue Cône Morse



Cône Morse : CM



Z plaquettes 3 tailles





## 46.1 FRAISES EN ACIER RAPIDE

Afin d'obtenir un rendement optimal des fraises, il est nécessaire d'adapter la vitesse de coupe et l'avance en fonction de nombreux facteurs, notamment :

- la matière à usiner, sa structure et sa dureté,
- la quantité de métal à enlever,
- la rigidité de l'ensemble : pièce, montage, machines,

- la puissance et le type de machine,
- la précision et l'état de surface désiré,
- le type et le diamètre de la fraise utilisée,
- la lubrification.

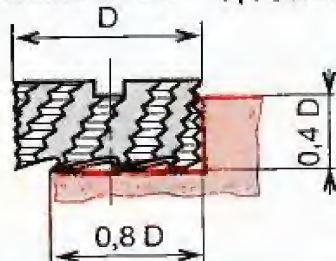
C'est pourquoi les valeurs suivantes ne sont données qu'à titre de première estimation.

### FRAISES D'ÉBAUCHE

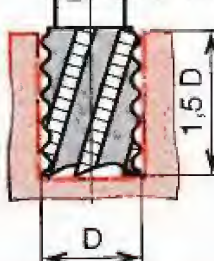
### Denture brise-copeaux

Matière	Vitesse de coupe m/min	$V_f^{**}$ n	Entraînement par tenons						Queue cylindrique ou conique							
			Diamètre						Diamètre							
			40	50	63	80	100	125	10	12	16	20	25	32	40	50
Aciers jusqu'à 600 MPa*	32	$V_f$	80	110	125	140	160	180	50	56	63	71	80	90	100	112
		n	250	200	160	125	100	80	1 000	850	630	500	400	315	250	200
Aciers jusqu'à 800 MPa*	28	$V_f$	50	63	80	100	125	140	40	45	50	56	63	71	80	90
		n	224	180	140	112	90	71	900	750	560	450	355	280	224	180
Aciers jusqu'à 1 000 MPa*	25	$V_f$	40	50	63	80	100	125	32	36	40	45	50	56	63	71
		n	200	160	125	100	80	63	750	630	500	400	315	250	200	160
Aciers jusqu'à 1 200 MPa*	18	$V_f$	36	40	50	63	80	100	25	28	32	36	40	45	50	56
		n	140	112	90	71	56	45	560	500	355	280	224	180	140	112
Aciers jusqu'à 1 400 MPa*	12	$V_f$	31,5	36	40	50	63	80	20	22	25	28	32	36	40	45
		n	100	80	63	50	40	31,5	400	315	250	200	160	125	100	80
Fonte EN-GJL-200	25	$V_f$	63	80	100	125	140	160	40	45	50	56	63	71	80	90
		n	200	160	125	100	80	63	750	630	500	400	315	250	200	160
Fonte EN-GJL-250	16	$V_f$	40	50	63	80	100	125	32	36	40	45	50	56	63	71
		n	125	100	80	63	50	40	500	450	315	250	200	160	125	100

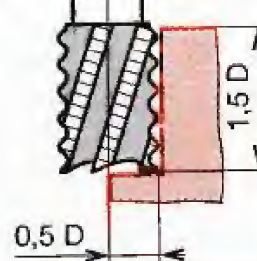
Conditions de travail  $V_f$  : donnée



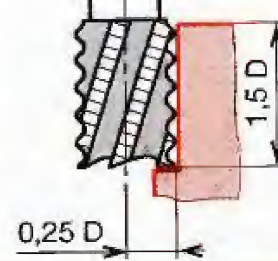
$V_f$  : donnée



$V_f \times 1,5$



$V_f \times 2$



Matière	Vitesse de coupe m/min	Avance $f_z$ en mm par dent						Types de fraises	
		A	B	C	D	E	F		
Fonte EN-GJL-200	20-35	0,25	0,20	0,25	0,10	0,25	0,10	A	1 taille à surfacer
Fonte EN-GJL-300	10-20	0,15	0,12	0,15	0,06	0,15	0,07		
Fonte malléable	20-40	0,15	0,12	0,15	0,06	0,15	0,07	B	2 tailles à queue cylindrique ou conique
Aciers jusqu'à 600 MPa*	20-40	0,15	0,12	0,12	0,06	0,20	0,07		
Aciers de 600 à 1 000 MPa*	15-30	0,12	0,10	0,10	0,05	0,13	0,05	C	2 tailles à trou taraudé ou lisse
Aciers de 1 000 à 1 200 MPa*	12-20	0,10	0,07	0,07	0,04	0,10	0,05		
Aciers de 1 200 à 1 400 MPa*	8-15	0,07	0,05	0,05	0,04	0,10	0,05	D	2 tailles à rainurer (2 dents et coniques)
Aciers inoxydables	8-15	0,10	0,07	0,07	0,06	0,15	0,05		
Laitons et bronzes tendres	30-70	0,20	0,20	0,20	0,08	0,20	0,10	E	3 tailles à denture alternée
Laitons et bronzes durs	15-30	0,15	0,12	0,15	0,06	0,15	0,07		
Alliages d'aluminium	60-300	0,35	0,30	0,35	0,08	0,15	0,15	F	À profil constant
Aluminium pur et alliages légers tendres	300-600	0,35	0,30	0,35	0,10	0,20	0,15		

\* MPa = mégapascal (GPa/100). \*\*  $V_f$  : avance en millimètres par minute - n : nombre de tours par minute. D'après Astra. 93502-Pantin.



## 46.2 CONDITIONS DE COUPE DES FRAISES EN CARBURE

Profondeur de passe								Avance					
Pour avoir la meilleure économie d'outil, choisir la plus grande profondeur de passe possible.								L'avance doit être choisie de façon que l'épaisseur moyenne du copeau soit au moins égale à 0,1 mm par dent.					
FRAISES À SURFACER ET À SURFACER-DRESSER													
Matière		Dureté*	Vitesse de coupe en m/min					Matière	Dureté*	Vitesse de coupe en m/min			
Aciers au carbone non alliés	c < 0,25 %	110	300	200	250	250	235	Aciers au manganèse	250	-	-	20	18
	c < 0,8 %	150	180	120	250	250	150	Aciers trempés	-	-	-	-	-
	c < 1,4 %	310	165	110	-	-	125	Fontes copeaux courts	145	300	145	125	80
Faiblement alliés	Recuit	225	200	120	200	200	155	Malléables copeaux longs	230	200	130	115	65
	Trempé	450	130	75	150	150	95	Fontes grises	180	400	140	120	95
Hautelement alliés	Recuit	250	170	115	150	150	135	Fontes grises	260	350	105	90	70
	Trempé	300	110	75	-	-	90	Fontes ferritiques	160	250	105	90	65
Ac. rapide	Recuit	250	160	105	-	-	95	Fontes à graphite sphéroïdal	250	180	100	85	60
Ac. outils	Trempé	350	-	-	-	-	70	-	-	-	-	-	-
Inoxydables recuits	Ferr. mart.	270	180	150	200	200	190	Avance en mm/dent		0,2			
								Nuance***		GC3015	GC320	HM	H13A
Aciers moulés	Non alliés	150	180	120	-	-	140	Alliages d'aluminium corroyés					
	Faibl. all.	250	150	100	-	-	115						
	Haut. all.	200	110	70	-	-	80	Vitesse de coupe en m/min		500	2 100	600	3 000
Inoxydables moulés	Ferr. mart.	150	-	50	-	-	70	Avance en mm/dent		0,2	0,1	0,2	0,1
		250	-	-	-	-	-	Nuance***		H13A	H10		
Avance en mm/dent			0,2					Valeurs données à titre de première estimation.					
Nuance***			GC-A	GC235	CT350	CT520	SIP						

### FRAISES À RAINURER

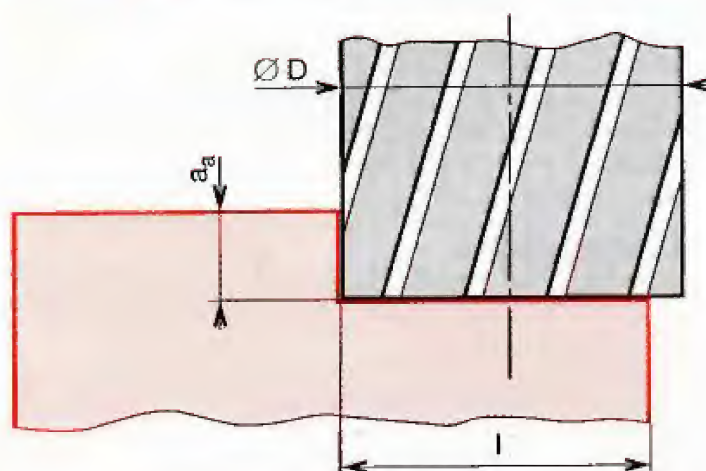
Matière	Dureté*	Vitesse de coupe** en m/min					Matière	Dureté*	Vitesse de coupe** en m/min				
Aciers non alliés	150	200	150	140	120		Aciers trempés	500	120	-	80	-	
Faiblement alliés recuit	225	200	150	140	110		Fontes malléables	230	-	120	-	70	
Hautelement alliés recuit	250	170	120	120	100		Fontes grises	260	-	90	-	80	
Inoxydables	270	190	160	130	100		Fontes à graphite sphéroïdal	250	-	80	-	50	
Moulés non alliés	150	170	-	110	100		Alliages d'aluminium	180	-	-	-	450	
Avance en mm/dent		0,08					Avance en mm/dent		0,08	0,12 à 0,24			
Nuance***		GC-A	GC235	SM30	S6		Nuance***		GC-A	GC320	SM30	H13A-Hm	

### FRAISES 3 TAILLES

Matière	Dureté*	Vitesse de coupe** en m/min					Matière	Dureté*	Vitesse de coupe** en m/min				
Aciers non alliés	150	255	165	250	150	Fontes malléables Copeaux courts	145	-	300	145	95		
Faiblement alliés recuit	225	250	165	400	150								
Hautelement alliés recuit	300	225	225	250	135	Fontes grises	260	-	350	105	90		
Inoxydables recuit	220	280	220	400	-	Fontes à graphite sphéroïdal	250	110	180	100	70		
Moulés non alliés	150	225	150	-	135	Alliages d'aluminium	Moulés	110	-	-	-	4 000	
	-	-	-	-	-		14-16 % Si	-	-	-	-	200	
Nuance***		GC-A	GC 235	CT 530	SM 30	Nuance***			GC-A	GC 3015	GC 320	H13A	

\* Dureté Brinell maximale (HB max). \*\* V<sub>c</sub> maximale. \*\*\* Sandvik.





Matière	K**	
	Fraisage en bout	Fraisage en roulant
Aciers $R \leq 60 \text{ daN/mm}^2$	0,060	0,055
Aciers $60 < R \leq 110 \text{ daN/mm}^2$	0,060	0,070
Aciers $R > 110 \text{ daN/mm}^2$	0,080	0,110
Aciers inoxydables	0,060	0,070
Fonte EN-GJL-200	0,035	0,040
Fonte EN-GJL-250	0,055	0,065
Laitons et alliages d'aluminium	0,017	0,020
Bronzes	0,035	0,040

#### Application (signification des unités GPD 56)

Largeur de coupe	$l$	$= 63 \text{ mm.}$
Profondeur de passe	$a_a$	$= 10 \text{ mm.}$
Avance	$f_z$	$= 0,1 \text{ mm/dent.}$
Fraise 2 tailles	$\varnothing D$	$= 100 \text{ mm.}$
Nombre de dents	$Z$	$= 12.$
Vitesse de coupe	$V_c$	$= 32 \text{ m/min.}$

$K = 0,05$ . (Matière C 35)

$\eta_e = 0,8$ .

Puissance en travail

$$P_e = \frac{K \cdot l \cdot a_a \cdot f_z \cdot Z \cdot V_c \cdot 10^3}{\pi D}$$

$$P_e = \frac{0,05 \times 63 \times 10 \times 0,1 \times 12 \times 32 \times 1000}{\pi \times 100} = 3850 \text{ W}$$

Puissance consommée par le moteur :

$$P_{cm} = \frac{P_e}{\eta_e}$$

$$P_{cm} = \frac{3850}{0,8}$$

$$P_{cm} = 4812 \text{ W} = 4,812 \text{ kW.}$$

### 47.1 PUISSANCE EN TRAVAIL ( $P_e$ )

La puissance nécessaire à la coupe est sensiblement proportionnelle au débit de matière enlevée.

$$P_e \approx K \cdot Q$$

$P_e$  : puissance en travail en watts (W).

$Q$  : débit en  $\text{mm}^3/\text{min}$ .

$K$  : coefficient déterminé expérimentalement.

Suivant les éléments donnés pour le calcul du débit, on a les expressions suivantes :

$$P_e \approx K \cdot l \cdot a_a \cdot f_z \cdot Z \cdot n \quad P_e \approx \frac{K \cdot l \cdot a_a \cdot f_z \cdot Z \cdot V_c \cdot 10^3}{\pi D}$$

$$P_e \approx K \cdot l \cdot a_a \cdot V_f$$

$P_e$  : puissance en travail en watts (W).

$K$  : coefficient (voir tableau).

$l$  : largeur de coupe en mm.

$a_a$  : profondeur de passe en mm.

$f_z$  : avance en mm par dent.

$Z$  : nombre de dents.

$n$  : fréquence de rotation en tr/min.

$V_c$  : vitesse de coupe en m/min.

$D$  : diamètre de la fraise en mm.

$V_f$  : avance en mm/min ( $V_f = f_z \cdot Z \cdot n$ ).

### 47.2 PUISSANCE CONSOMMÉE PAR LE MOTEUR ( $P_{cm}$ )

$$P_{cm} = \frac{P_e}{\eta_e}$$

$\eta_e$  : rendement de la machine (de 0,65 à 0,85 environ).

#### REMARQUE

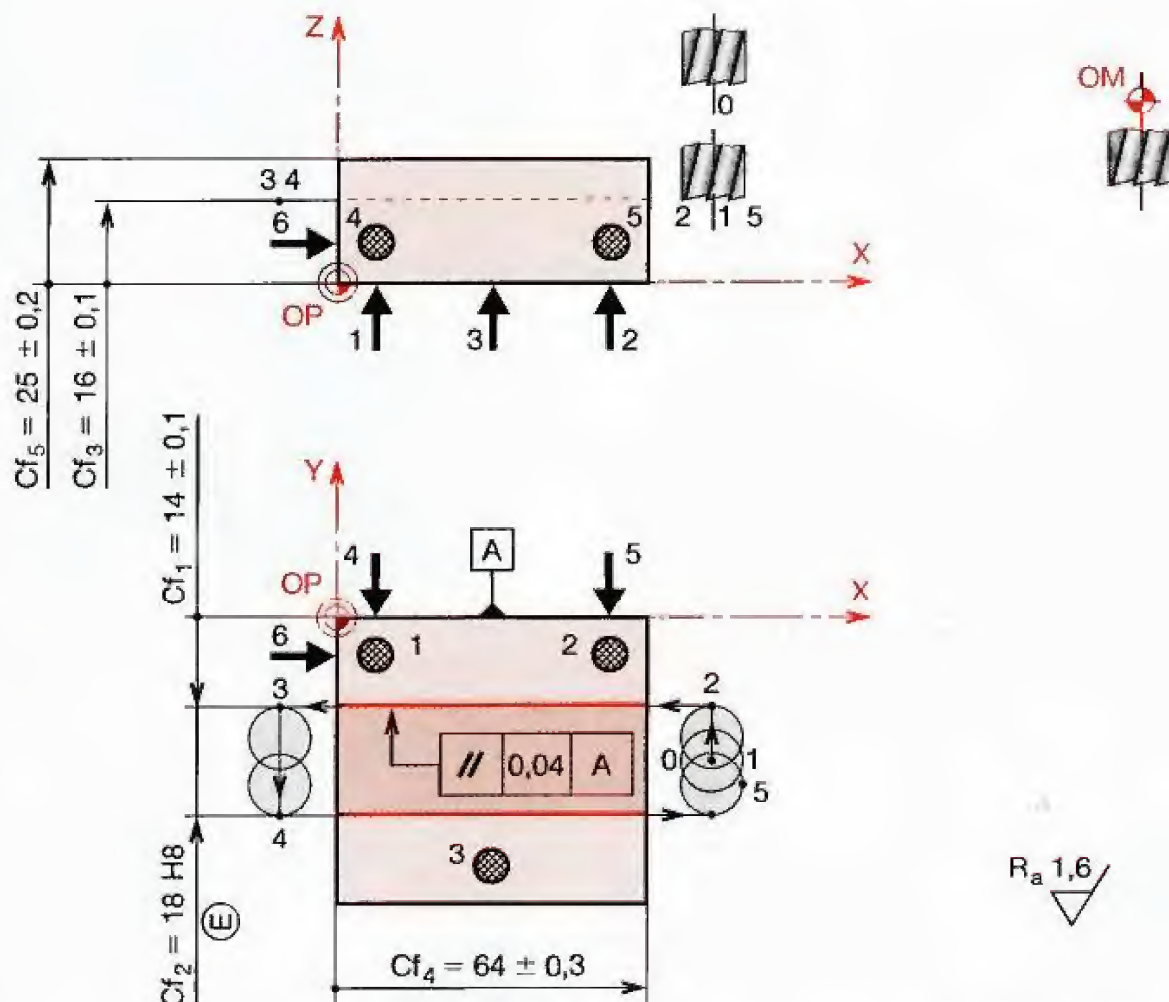
Lorsque la puissance calculée est supérieure à la puissance disponible, on peut réduire la vitesse de coupe et l'avance. Toutefois, afin de conserver une bonne formation du copeau, il vaut mieux abaisser la vitesse de coupe que l'avance. Pour les fraises à plaquettes amovibles, il peut être intéressant d'enlever une plaquette sur deux. Un outil usé consomme environ 25 % de puissance en plus qu'un outil neuf.

\* Prononcer « éta indice e ».

\*\* Valeurs données à titre de première estimation.



PHASE : 300		S/PH : 310	CONTRAT DE PHASE FRAISAGE							NOM : _____	
ENSEMBLE : Monture équatoriale										DATE : _____	
PIÈCE : Butée			MACHINE : Fraiseuse CN NUM 750							N° PROG : % 2008	
MATIÈRE : EN-GJL-200			PORTE-PIÈCE : Étau							N° DOC : FAB - ME 11	
NOMBRE : 50			BRUT : Phase 100							ATELIER : UF 1	
Opérations d'usinage			Éléments de coupe			Éléments de passe				Outillage	
N°	Rep.	Désignation	V <sub>c</sub>	f <sub>z</sub>	n	a <sub>p</sub>	n <sub>p</sub>	V <sub>f</sub>	Lub	Fabrication	Vérification
312	T3	Rainurer ① Suivant OZ Cf <sub>3</sub> = 16 ± 0,1 Suivant OY Cf <sub>1</sub> = 14 ± 0,1 Cf <sub>2</sub> = 18 H8 ⑤ État de surface R <sub>a</sub> 1,6	25	0,05	500	0,5	1	100	non	Fraise 2 tailles queue lisse 16 × 16	Calibre à coulisse  Jauge de profondeur  Cales étalon



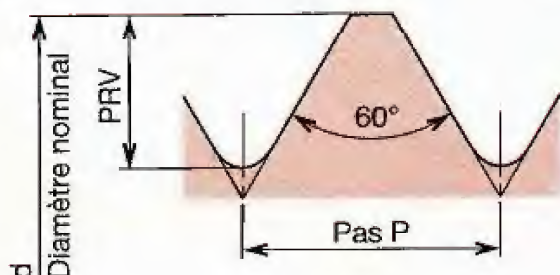
Tolérances générales ISO 2768-mK.



## Profil métrique ISO

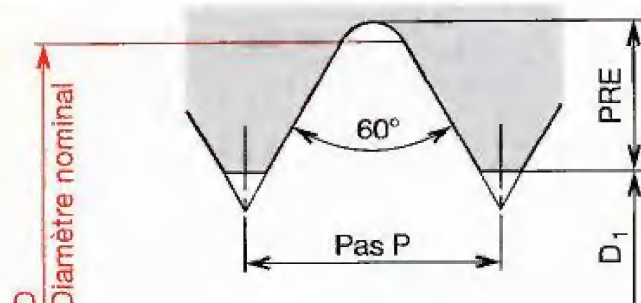
Vis

$$PRV = 0,613 P$$



Écrou

$$PRE = 0,577P \quad D_1 = D - 1,0825 P$$

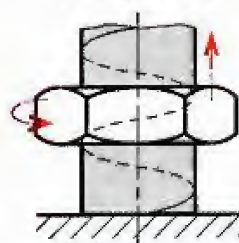


$$D = d$$

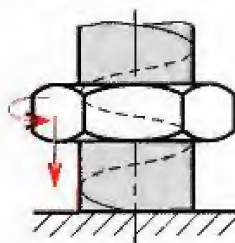
\* La vis et l'écrou ont le même diamètre nominal

### Sens du filetage

Filetage à droite



Filetage à gauche



## 49.1 GÉNÉRALITÉS

Un filetage est une surface hélicoïdale obtenue par la combinaison d'un mouvement d'avance et d'un mouvement de rotation. Il est caractérisé par le diamètre nominal, la forme, le pas et le sens.

### DIAMÈTRE NOMINAL

C'est un diamètre théorique, non affecté de tolérance, utilisé pour la désignation. Le diamètre usiné correspondant est affecté d'une tolérance.

### FORME

Elle est donnée par l'outil (profil triangulaire ISO, trapézoïdal, rond, carré, gaz, etc.

### PAS

Il est défini comme étant la distance comprise entre deux sommets consécutifs. Pour la fabrication, cela correspond à l'avance de l'outil pour un tour de broche.

### SENS

Le filetage est dit « à droite » si le sens d'enroulement de l'hélice est à droite ; il est dit à « gauche » si le sens de l'hélice est à gauche.

### MÉTHODE DE TRAVAIL

La méthode de travail est fonction notamment du sens de filetage et des possibilités de la machine utilisée. Pour que les porte-plaquettes assurent un support maximal de la plaquette, choisir de préférence des outils à droite pour les filets à droite et des outils à gauche pour des filets à gauche.

FILETAGE EXTÉRIEUR		FILETAGE INTÉRIEUR	
Filet à droite	Filet à gauche	Filet à droite	Filet à gauche
Outil à droite	Outil à gauche	Outil à droite	Outil à gauche

\* Voir aussi GPD7 chapitre 31 (§ 31.3).



## 49.2 MODES DE PÉNÉTRATION

### 49.21 CHOIX DU MODE DE PÉNÉTRATION

La réalisation d'un filetage peut se faire selon trois modes de pénétration : radiale, oblique, ou incrémentale.

Le choix entre ces trois méthodes dépend de la machine utilisée, de la matière à usiner, de la géométrie de la plaquette et du pas du filet.

#### PÉNÉTRATION RADIALE

C'est la méthode la plus courante et la seule possible sur de nombreuses machines-outils. Elle engendre une formation de copeaux sans à-coups.

Elle convient pour des pas fins mais risque d'entraîner des vibrations pour les grands pas. Elle convient parfaitement pour le filetage de matières écrouissables.

Voir le tableau des valeurs de pénétration radiale par passe.

#### PÉNÉTRATION OBLIQUE

Cette méthode assure un très bon contrôle des copeaux lesquels peuvent être évacués d'un côté ou de l'autre.

Elle convient particulièrement pour l'usinage de filets à grands pas et pour le filetage intérieur en cas de problèmes d'évacuation des copeaux ou de vibrations. Pour éviter un mauvais état de surface l'angle de pénétration doit être inférieur de 3 à 5° à l'angle du filet.

#### PÉNÉTRATION INCRÉMENTALE

Principalement utilisée pour l'usinage de filets de grande dimension, cette méthode assure une usure homogène et une longue durée de vie des plaquettes.

Cette méthode de pénétration requiert un programme spécial de filetage sur les machines à commande numérique.

### 49.22 VALEURS DE PÉNÉTRATION

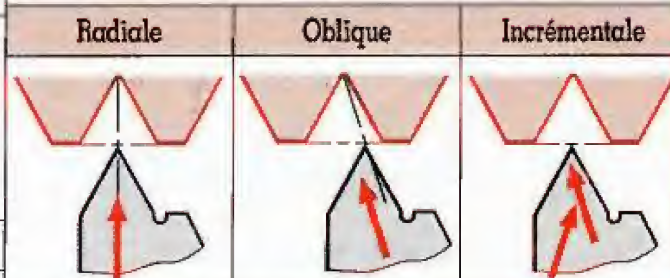
**EXEMPLE 1 :** Filetage extérieur M20, pas 2,5, matière C 35, machine-outil conventionnelle. La pénétration radiale dégressive est  $PRV = 0,613 \times \text{pas} = 0,613 \times 2,5 = 1,53$ . Le tableau ci-contre donne dix passes dégressives pour une valeur totale de 1,58 mm.

**EXEMPLE 2 :** Filetage intérieur M30, pas 3,5, matière C 35, machine-outil conventionnelle. La pénétration radiale est  $PRE = 0,577 \times \text{pas} = 0,577 \times 3,5 = 2,02$ . Le nombre de passes est égal à  $\lceil 4 \times \text{pas} \rceil^{**} = 4 \times 3,5 = 14$  passes.

#### REMARQUE

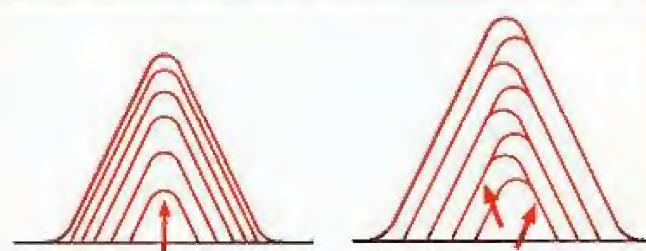
Les sens de rotation de la pièce et du mouvement d'avance de l'outil sont définis aux paragraphes 30.2, 30.3 et 49.23.

#### MODE DE PÉNÉTRATION

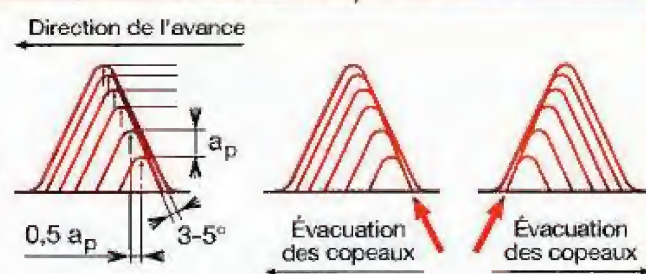


#### Pénétration radiale

#### Pénétration incrémentale



#### Pénétration oblique



#### VALEURS DE PÉNÉTRATION RADIALE\*

Nombre de passes	Pas (mm)								
	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3
	Pénétration radiale par passe (mm)								
1	0,11	0,17	0,19	0,2	0,22	0,22	0,25	0,27	0,28
2	0,09	0,15	0,16	0,17	0,21	0,21	0,24	0,24	0,26
3	0,07	0,11	0,13	0,14	0,17	0,17	0,18	0,20	0,21
4	0,07	0,07	0,11	0,11	0,14	0,14	0,16	0,17	0,18
5	0,34	0,5	0,08	0,1	0,12	0,12	0,14	0,15	0,16
6			0,67	0,08	0,08	0,1	0,12	0,13	0,14
7				0,8	0,94	0,1	0,11	0,12	0,13
8						0,08	0,08	0,11	0,12
9						1,14	1,28	0,11	0,12
10								0,08	0,11
11								1,58	0,1
12									0,08
									1,89

\* Profil à 60° métrique extérieur.

\*\* Formule valable pour les pas  $\geq$  à 1,5.



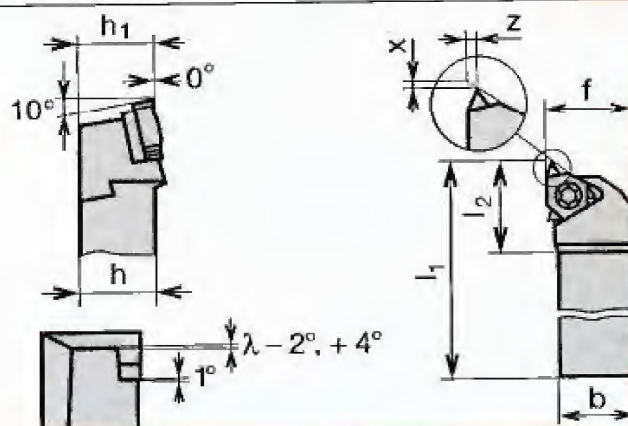
## 49.23 OUTILS À FILETER D'EXTÉRIEUR ET D'INTÉRIEUR

### OUTILS À FILETER EXTÉRIEUREMENT À PLAQUETTE CARBURE À JETER\*

Pas	$\Delta$	h	b	$l_1$	$l_2$	f
0,5-3	16	16	16	100	21,4	20
0,5-3	16	20	16	125	21,6	20,5
0,5-3	16	25	25	150	21,6	20,5
3,5-6	22	25	25	150	28,6	32

#### EMPLOI :

Filetage extérieur à droite ou à gauche sur machines à commande numérique.



DÉSIGNATION : Outil à fileter extérieurement R/L 166.4 FC

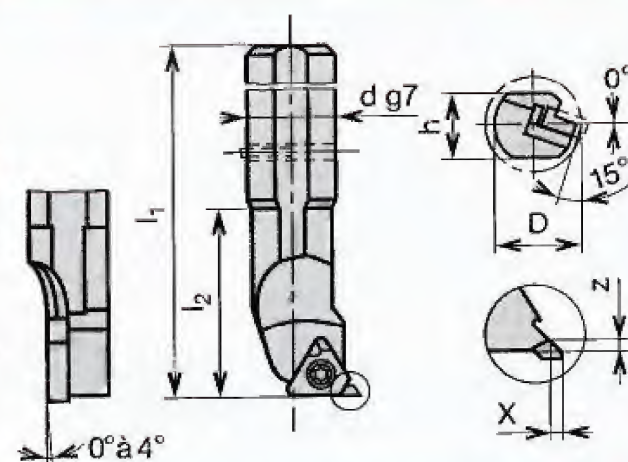
### OUTILS À FILETER INTÉRIEUREMENT

#### PORTE-OUTILS À FILETER INTÉRIEUREMENT À PASTILLE À JETER EN CARBURE T-MAX U-LOCK\*

Pas	$\Delta$	d	h	$l_1$	$l_2$	f	D min	D** mod
0,75 à 3	16	16	15	200	30,5	12	20	15,5
		20	18	250	35	14	25	-
		25	23	300	36,5	17	32	-
3,5 à 6	22	20	18	250	36,5	15	25	21,5
		25	23	300	39	19	32	-

EMPLOI : filetage intérieur de profils triangulaires ISO sur tour ou machine à fileter. Pas réalisés : 0,75 à 6 et usinage de gorges.

\*\* Pour outil à fileter intérieurement en acier rapide voir § 30.3.



DÉSIGNATION : Outil à fileter intérieurement R/L 166.4 KF

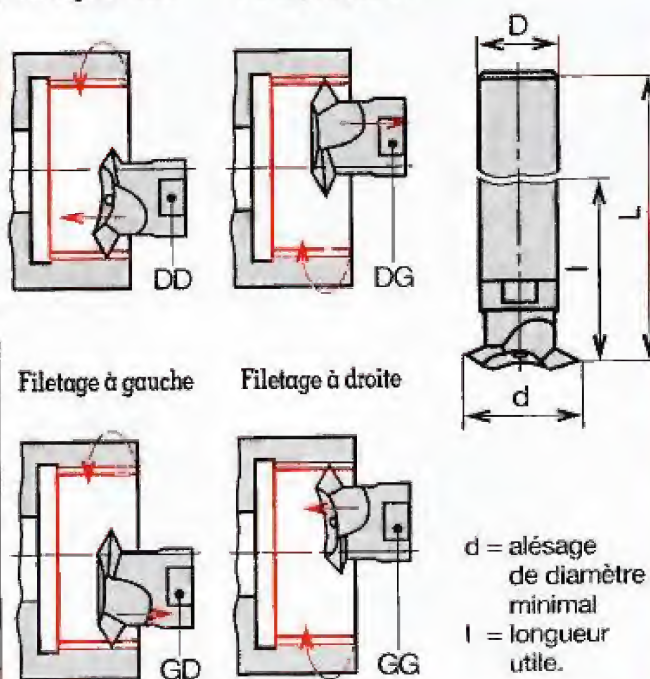
### OUTILS À FILETER INTÉRIEUREMENT MONOBLOCS À PROFIL CONSTANT\*\*\*

D	d	l	L	Pas max	D	d	l	L	Pas max
4	3	7	60	1	8	3	7	50	1
4	4,5	12	60	1	8	4,5	12	50	1
4	6	35	60	1,5	8	6	15	50	1
4	7,5	35	60	1,5	8	7,5	20	55	1,5
6	3	7	60	1	8	9	22	60	1,5
6	4,5	12	60	1	8	10,5	35	65	1,5
6	6	14	60	1,5	8	12	35	70	2
6	7,5	35	60	1,5	8	14	35	70	2,5
6	9	35	60	1,5	10	16	40	75	3
6	10,5	35	60	2	10	18	45	60	4

EMPLOI : Filetage intérieur de petits ou moyens diamètres.  
Filetage de précision sur pièces d'alésage.  
Existe en acier rapide ou en carbure.

DÉSIGNATION : Outil à fileter intérieurement D\_ Rush

#### Filetage à droite Filetage à gauche



d = alésage  
de diamètre  
minimal  
L = longueur  
utile.



## 49.3 FILETAGE - CONDITIONS DE COUPE

Les conditions de coupe varient en fonction de nombreux paramètres liés à la machine, à la pièce et à l'outil.

Le tableau ci-dessous permet de choisir la vitesse de coupe  $V_c$  en fonction des caractéristiques du matériau usiné et de la nuance de carbure de l'outil.

### EXEMPLE

Soit à fileter une pièce en acier non allié C 35 (% de carbone = 0,35) avec un outil carbure.

L'intersection des deux entrées :

Acier non allié (C = 0,25 - 0,55 %) et de la nuance à choisir en priorité GC 1020\*\* donne  $V_c = 155$  m/min.

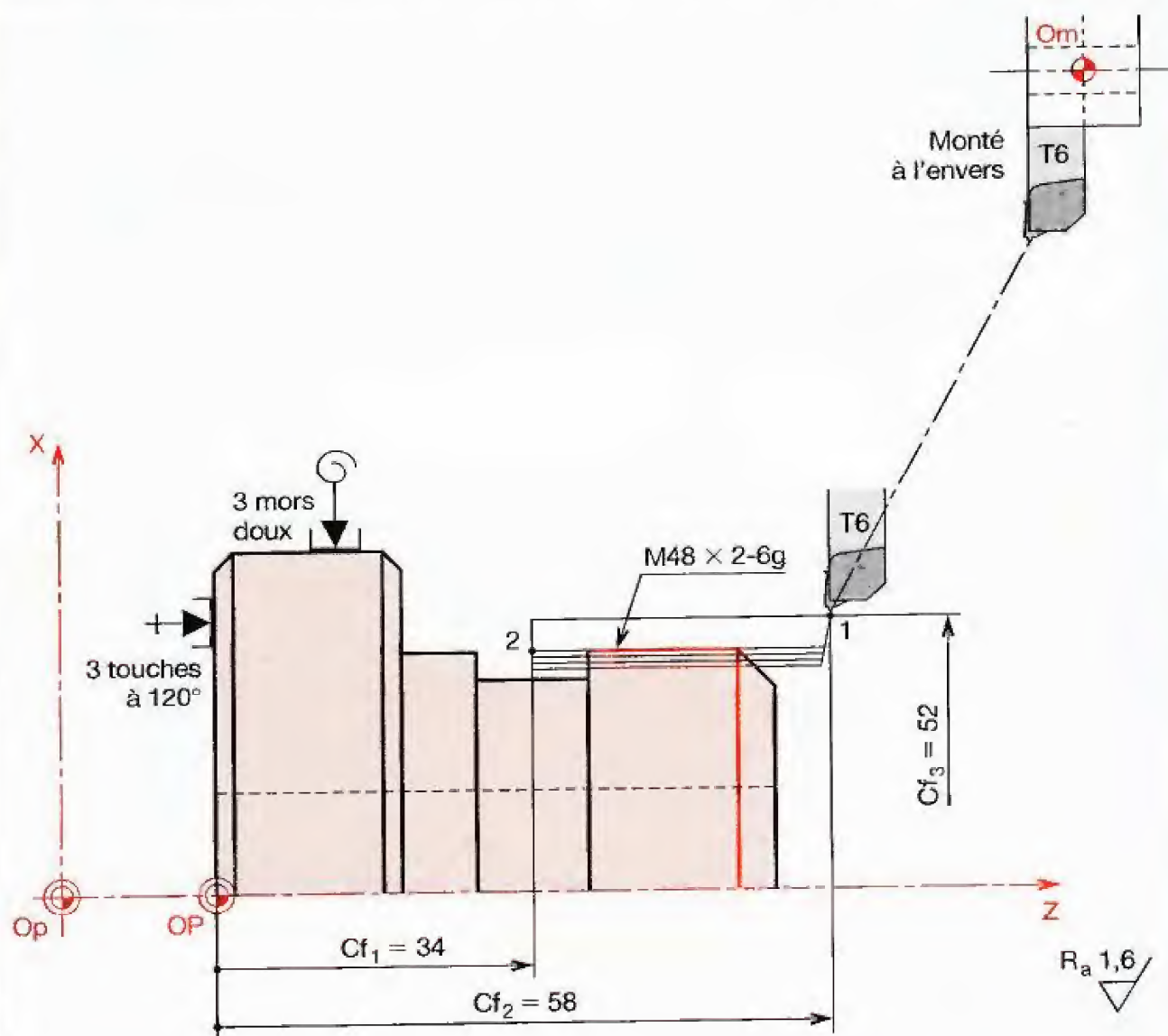
Code ISO		Nuance Sandvik		Matière	Dureté Brinell HB	Nuances de base Sandvik									
						CT 525	S10	GC 225	GC 1020	H13A					
						Vitesse de coupe $V_c$ (m/min)									
P	01	CT525 S10 GC1020 GC525 S30	Résistance à l'usure ↑  Ténacité ↓	Acier non allié	C = 0,1-0,25 %	125	185	220	265	185	160				
					C = 0,25-0,55 %	150	155	175	220	155	130				
					C = 0,55-0,80 %	170	145	160	205	145	125				
	10			Acier faiblement allié (éléments d'alliage = 5 %)	Recuit	180	125	135	175	125	110				
					Trempé et revenu	275	95	105	135	95	80				
					Trempé et revenu	350	75	85	110	75	65				
	20			Acier fortement allié (éléments d'alliage > 5 %)	Recuit, acier rapide	200	110	120	155	110	95				
					Acier à outils trempé	325	80	85	115	80	70				
					30	Acier coulé	Non allié	180	200	175	280	200	170		
	Faiblement allié			200			110	115	155	110	95				
	Fortement allié			225			100	105	145	110	85				
	40			Acier au manganèse	250	-	45	55	35	35					
M		10	CT525 GC1020 H13A		Résistance à l'usure ↑  Ténacité ↓	Acier inoxydable Barres/forgées Martensitique/ferritique	Acier de décolletage	200	135	155	195	170	115		
							Non trempé	200	105	120	150	130	90		
	Trempé PH			330			90	95	120	90	70				
	20	Acier inoxydable Barres/forgées Austénitique		Trempé		330	85	75	110	85	65				
				Acier de décolletage		200	110	120	155	140	95				
				Austénitique		180	90	100	125	130	75				
	30	Super austénitique		Trempé PH		330	70	75	95	80	60				
				200		60	65	85	70	50					
				K		01	CT525 GC1020 H13A	Résistance à l'usure ↑  Ténacité ↓	Acier dur	Acier trempé	59 HRC	-	65	75	45
	Fonte en coquille	Forgée ou forgée et vieillie								400	-	25	20	15	-
		Fonte malléable								Ferritique (à copeaux courts)	130	-	145	190	135
		10				Fontes grises			Perlitique (à copeaux longs)	230	-	105	140	100	70
Faible résistance	180		-		150				170	130	85				
Forte résistance	260		-		125				155	110	80				
20	Fonte à graphite sphéroïdal	Ferritique	160		-	145			180	125	110				
		Perlitique	250		-	95			120	90	50				
		30	Alliages d'aluminium		Travail à froid, non vieilli	60			-	1 400	-	1 400	500		
Vieilli	100				-	490			-	490	450				
Alliages d'aluminium	Forgé, non vieilli				75	-			455	-	455	425			
	Forgé ou forgé et vieilli	90	-		280	-			280	250					
	Alliages d'aluminium	Moulé Si 13-15 %	130	-	245	-	245	210							
Moulé Si 16-22 %		130	-	245	-	245	210								
Alliages bronze et laiton		Alliages au plomb, Δ 1 % Pb	110	-	420	-	420	370							
	Laiton rouge ≈ 1 % Pb	90	-	245	-	245	210								
	Bronze et cuivre sans plomb y compris cuivre électrolytique	100	-	175	-	175	150								

\* Il faut réduire les conditions de coupe lorsque le pas et le rayon de bec sont petits.

\*\* La nuance GC 1020 est une nuance polyvalente qui convient à la fois aux 3 nuances P, M, K.



PHASE : 200 S/PH : 20			CONTRAT DE PHASE TOURNAGE						NOM : _____	
ENSEMBLE : Monture équatoriale									DATE : _____	
PIÈCE : Support G			MACHINE : Tour CN NUM 750						N° PROG : % 2005	
MATIÈRE : C 35			PORTE-PIÈCE : Madrin mors doux						N° DOC : FAB – ME 12	
NOMBRE : 50			BRUT : Phase 110						ATELIER : UF 1	
Opérations d'usinage			Éléments de coupe			Éléments de passe			Outillage	
N°	Rep.	Désignation	V <sub>c</sub>	f	n	a <sub>p</sub>	n <sub>p</sub>	Lub	Fabrication	Vérification
224	T6	Fileter Cf <sub>1</sub> = 34 Cf <sub>2</sub> = 58 Cf <sub>3</sub> = 52	125	2	800	–	–	oui	Porte-plaquette R 166-4 FG 1616-16 Plaquette R 116-0G16 MM01-200 GC 1020	Bague fileté M 48 x 2 – 6g



Tolérances générales ISO 2768-mK.



## TARAUDS 51.1

### DESCRIPTION (fig. 1)

Les tarauds comportent trois parties principales ; (1) entrée ; (2) guidage ; (3) queue. Les tarauds coupent avec les arêtes formées par l'intersection du cône d'entrée avec les goujures.

### DÉFAUTS D'USINAGE

#### Aspect défectueux

Causes possibles : vitesse de coupe, angle d'affûtage, lubrifiant, dureté du matériau, variation de dureté d'une pièce à une autre.

### TARAUDAGE HORS TOLÉRANCE

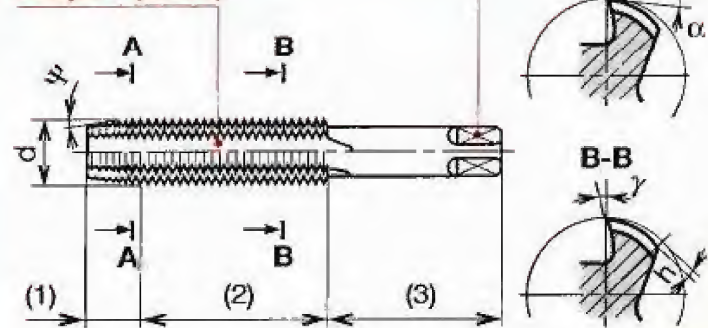
Causes possibles : défaut d'alignement du taraud, faux rond du taraud, affûtage.

#### PERÇAGE DE L'AVANT TROU

$\varnothing$  perçage =  $\varnothing$  nominal - Pas.

### Carré d'entraînement

#### Goujures (droite)



$\alpha$  = angle de dépouille.  $\psi$  = angle de direction complémentaire.  
 $\gamma$  = angle de coupe.  $h$  = détailonnage de la partie « guidage ».

### CHOIX DU TYPE DE TARAUDS\*

Taraudages	Tarauds	Caractéristiques
Débouchants	Goujures droites	Entrée hélicoïdale « Gun »
		Hélice à gauche, entrée normale
	Goujures hélicoïdales à gauche	Filets alternés, entrée hélicoïdale « Gun »
		Hélice à gauche, queue allongée
Borgnes	Goujures droites	Entrée « Gun », queue allongée
		Coupe droite
	Goujures hélicoïdales à droite	Tarauds à hélice à droite et entrée normale
		Tarauds à hélice à droite à 45°
		Tarauds à filets alternés, coupe droite
		Tarauds à hélice à droite, queue allongée

### CONDITIONS D'UTILISATION DES TARAUDS\*

Matière (Rr en MPa**)	Angle de coupe $\gamma$	Angle de dépouille $\alpha$	Vitesse de coupe (m/min)	Lubrifiants
Aciers Rr < 500	15°	10°	15 à 18	Huile de coupe - Émulsion
Aciers 500 < Rr < 700	12°	10°	12 à 15	Huile de coupe - Émulsion
Aciers 700 < Rr < 900	10°	8°	6 à 10	Huile de coupe soufrée - Émulsion
Aciers Rr > 900	8°	6°	3 à 6	Huile de coupe soufrée - Émulsion
Aciers inoxydables	11°	8°	2 à 6	Huile de coupe soufrée - Émulsion
Fonte tendre	3°	4°	10 à 12	Pétrole - À sec - Air comprimé
Fonte alliée (dure)	4°	4°	3 à 6	Huile de coupe - À sec - Air comprimé
Fonte malléable	10°	6°	10 à 15	Huile de coupe - Air comprimé
Laiton	5 à 10°	10°	12 à 25	Huile de coupe soufrée - À sec
Bronze dur	4°	10°	6 à 10	Huile de coupe - Émulsion
Cuivre rouge	15° à 20°	10°	20 à 25	Huile de coupe
Cuivre électrolytique	9°	10°	8 à 12	Huile de coupe
Zinc	13°	10°	10 à 15	Huile de coupe - Émulsion
Aluminium	19°	9°	15 à 25	Émulsion - Pétrole
Matières plastiques tendres	13°	10°	8 à 10	À sec - Air comprimé
Matières plastiques dures (Bakélite)	3° à 6°	10°	3 à 5	À sec - Air comprimé

\* D'après Astra. 93502 - Pantin. \*\*MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>.



## 51.2 TARAUDS À MAIN – TARAUDS COURTS À MACHINE\*

### TARAUDS À MAIN

### TARAUDS COURTS À MACHINE

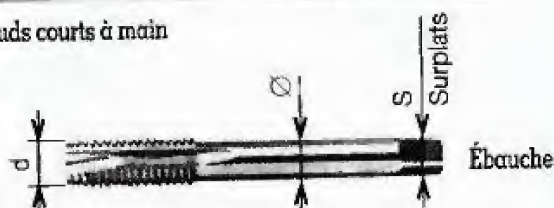
NF ISO 529

d	Pas	l	L	Ø queue	S/ plats	d	Pas	l	L	Ø queue	S/ plats
1	0,25	5,5	38,5	2,5	2	6	0,75	19	66	6,3	5
1,2	0,25	5,5	38,5	2,5	2	6	1	19	66	6,3	5
1,4	0,30	7	40	2,5	2	7	1	19	66	7,1	5,6
1,5	0,30	7	41	2,5	2	8	1	22	72	8	6,3
1,6	0,30	7	41	2,5	2	8	1,25	22	72	8	6,3
1,6	0,35	7	41	2,5	2	10	1	24	80	10	8
1,6	0,35	7	41	2,5	2	10	1,5	24	80	10	8
1,8	0,40	7	41	2,5	2	12	1,5	29	89	9	7,1
2	0,40	8	41	2,5	2	12	1,75	29	89	9	7,1
2	0,45	8	41	2,5	2	14	1,25	30	95	11,2	9
2,2	0,45	9,5	44,5	2,8	2,24	14	1,5	30	95	11,2	9
2,5	0,45	9,5	44,5	2,8	2,24	14	2	30	95	11,2	9
2,5	0,50	9,5	44,5	2,8	2,24	16	1,5	32	102	12,5	10
3	0,50	11	48	3,15	2,5	16	2	32	102	12,5	10
3,5	0,60	13	50	3,55	2,8	18	1,5	37	112	14	11,2
4	0,70	13	53	4	3,15	18	2,5	37	112	14	11,2
5	0,80	16	58	5	4	20	1,5	37	112	14	11,2
5	1	16	58	5	4	20	2,5	37	112	14	11,2

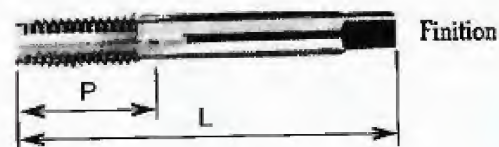
EMPLOI : taraudage sur machines.

Pour le choix du type de goujures et de l'entrée, voir § 51.1.

### Tarauds courts à main



### Jeu de trois tarauds



### Goujures droites



### Goujures droites Entrée « Gun »



### Goujures droites Filets alternés Entrée « Gun »



### Goujures hélicoïdales



## 51.3 TARAUDS POLYGON\*\*

d	Pas	l	L	Ø queue	S/ plats	Ø perçage
2	0,4	14	40	3	2,3	1,8
2,5	0,45	16	44	3	2,3	2,3
3	0,5	18	48	3	2,3	2,75
3	0,6	18	48	3	2,3	2,70
4	0,7	20	52	4	3	3,70
5	0,8	22	56	5	4	4,60
6	1	24	60	6	4,5	5,40
8	1,25	26	66	8	6	7,30
10	1,5	30	72	7,6	6	9,20
12	1,75	33	80	9	7	11,20

EMPLOI : ce taraud refoule le métal, il n'y a pas de copeaux. Il autorise des vitesses de coupe élevées.

### DÉSIGNATION

- Jeu de 3 tarauds à main M 6 – pas 1,
- Taraud court à machine, goujure M 6 x 1,

NF E 66-103.

NF E 66-103.

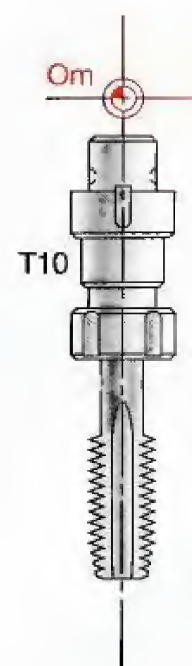
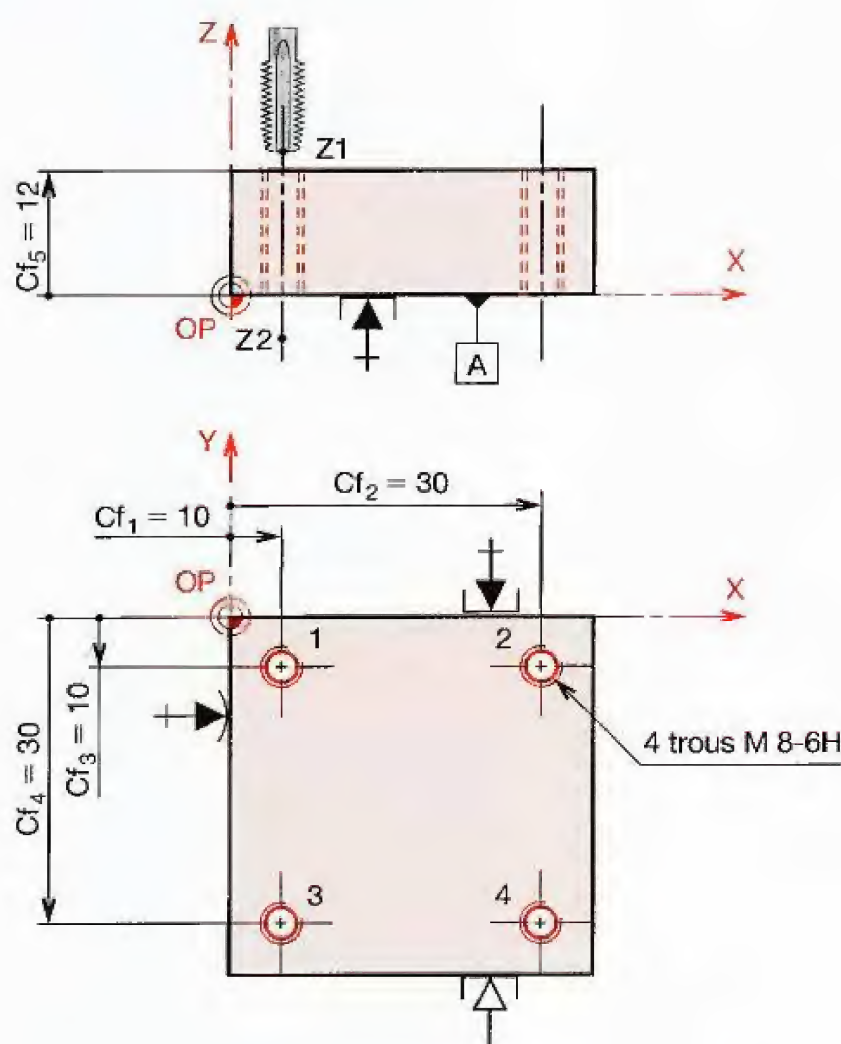


Le diamètre de perçage est différent du diamètre de perçage des tarauds ordinaires.

Il est employé pour les métaux ductiles tels que le laiton, le cuivre, l'aluminium, le zamac, le zinc, le fer pur, les aciers doux et alliés recuits.



PHASE : 200 S/PH : 210			CONTRAT DE PHASE FRAISAGE						NOM : _____		
ENSEMBLE : Monture équatoriale									DATE : _____		
PIÈCE : Entretoise			MACHINE : Fraiseuse CN NUM 750						N° PROG : % 2020		
MATIÈRE : EN GJL 200			PORTE-PIÈCE : Étau						N° DOC : FAB - ME 13		
NOMBRE : 100			BRUT : Phase 100						ATELIER : UF 1		
Opérations d'usinage			Éléments de coupe			Éléments de passe			Outillage		
N°	Rep.	Désignation	V <sub>c</sub>	f <sub>z</sub>	n	a <sub>p</sub>	n <sub>p</sub>	V <sub>f</sub>	Lub	Fabrication	Vérification
215	T10	Tarauder ① ② ③ ④ Cf <sub>1</sub> = 10 Cf <sub>2</sub> = 30 Cf <sub>3</sub> = 10 Cf <sub>4</sub> = 30 Cf <sub>5</sub> = 12	10	—	400	—	—	500*	non	Mandrin de taraudage à pinces. Taraud court à machine goujure droite M 8 × 1,25	Vis M 8

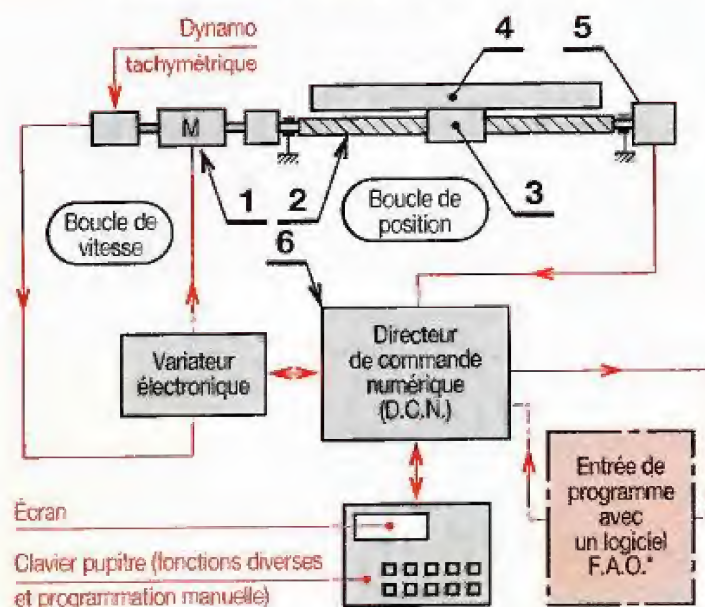


Tolérances générales ISO 2768-mK.

\*  $V_f = n \times \text{pas} = 400 \times 1,25 = 500 \text{ mm/min}$  (voir chapitre 59).



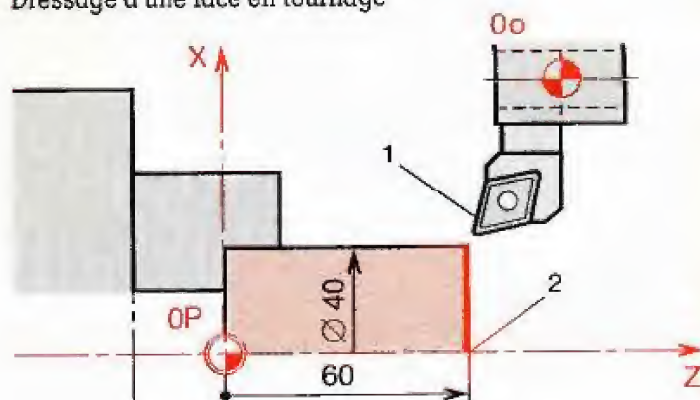
## Schéma de principe d'un tour CN



1	Moteur à courant continu
2	Vis à billes
3	Écrou (lié au chariot)
4	Chariot
5	Compteur d'impulsions
6	Directeur de commande numérique

## Exemple de programme

Dressage d'une face en tournage



N40 T1 D1 M6 (outil 1)
N50 S1500 M40 M4 (Rotation broche)
N60 G0 X42 Z60 (1)
N70 G1 X0 F.1 (2)
N80 G0 M5 G52 X Z

\* F.A.O. : fabrication assistée par ordinateur.

Une machine est commandée numériquement lorsque les déplacements des organes mobiles sont effectués à partir d'instructions numériques codées dont l'ensemble forme un programme.

## 53.1 PRINCIPE GÉNÉRAL

Le moteur à courant continu 1 entraîne sans jeu la vis à billes 2 dont l'écrou 3 est lié au chariot 4.

À l'extrémité de la vis, un compteur d'impulsions 5 vérifie constamment la position exacte du chariot 4 en additionnant le nombre de fractions, très petites, des tours de vis.

Cette information transmise au directeur de commande numérique 6 est comparée avec les positions prévues par le programme.

Cette action de contrôle et d'ajustement est appelée « boucle de position ».

## 53.2 STRUCTURE D'UN PROGRAMME

Un programme comporte toutes les informations utiles à la machine pour réaliser l'usinage.

Un programme est formé de lignes ou blocs.

Exemple : **N70 G1 X0 F.1**

Une ligne est formée de mots.

Exemples : **N70 ; G1 ; X0...**

Un programme comporte principalement :

- des fonctions préparatoires (**G**), des fonctions d'appel de mode d'interpolation (**G0, G01**) ou de cycles (**G64, G81...**) ;
- des coordonnées de points (**X, Y, Z, I, K**) ;
- des fonctions de vitesses, d'avances (**S, F...**) ;
- des fonctions auxiliaires (**M...**).



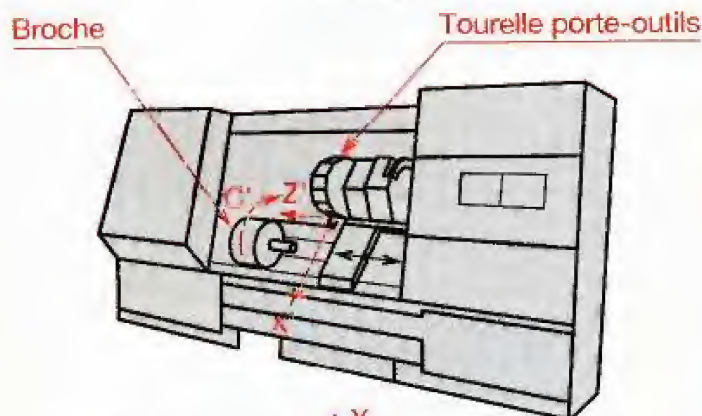
# 53.3 FONCTIONS G ET M POUR ARMOIRES NUM

Tournage (Armoires NUM)		Fraisage (Armoires NUM)	
Code	Désignation	Code	Désignation
G0	Interpolation linéaire en rapide	G0	Interpolation linéaire en rapide
G01*	Interpolation linéaire à la vitesse programmée	G01*	Interpolation linéaire à la vitesse programmée
G02	Interpolation circulaire sens anti-trigonométrique	G02	Interpolation circulaire sens anti-trigonométrique
G03	Interpolation circulaire sens trigonométrique	G03	Interpolation circulaire sens trigonométrique
G04	Temporisation programmable avec F	G04	Temporisation programmable avec F
G09	Arrêt précis en fin de bloc	G09	Arrêt précis en fin de bloc
G33	Cycle de filetage à pas constant	G10	Arrêt d'usinage (signal butée fin de bloc)
G38	Filetage enchaîné sur cône	G16	Définition de l'axe de l'outil avec PQR
G40*	Annulation de la correction de rayon	G17*	Choix plan XY pour interpolation circulaire
G41	Correction de rayon d'outil à gauche du profil	G18	Choix plan ZX pour interpolation circulaire
G42	Correction de rayon d'outil à droite du profil	G19	Choix plan YZ pour interpolation circulaire
G52	Programmation absolue (origine mesure)	G40*	Annulation de la correction de rayon
G53	Suspension du zéro programme / au zéro machine	G41	Correction de rayon (outil à gauche du profil)
G54	Validation du zéro programme / au zéro machine	G42	Correction de rayon (outil à droite du profil)
G58	Décalage d'origine programme	G45	Cycle de poche
G64	Cycle d'ébauche paraxial	G51	Validation ou invalidation (fonction miroir)
G65	Cycle d'ébauche de gorge	G52	Programmation absolue (origine mesure)
G66	Cycle de défonçage	G53	Invalidation des décalages PRÉF et DECI
G70	Entrée des données en pouce	G54	Validation des décalages PRÉF et DECI
G71*	Entrée des données en métrique	G58	Décalage d'origine programme
G75	Validation d'un sous-programme de dégagement d'urgence	G70	Entrée des données en pouce
G77	Appel inconditionnel d'un sous-programme ou de blocs	G71	Entrée des données en millimètre
G79	Saut à une séquence sans retour (conditionnel ou inconditionnel)	G73	Annulation du facteur d'échelle
G80	Annulation de cycle d'usinage	G74	Validation du facteur d'échelle
G83	Cycle de déburrage	G77	Appel inconditionnel d'un sous-programme ou de blocs
G87	Cycle de perçage avec brise-copeaux	G79	Saut à une séquence sans retour (conditionnel ou inconditionnel)
G90*	Programmation absolue / à l'origine programme	G80*	Annulation de cycle d'usinage
G91	Programmation relative / au point de départ du bloc	G81	Cycle de perçage-centrage
G92**	Limitation de la vitesse de broche (avec S)	G82	Cycle de perçage-chambrage
G92	Présélection de l'origine programme (avec X ou Z)	G83	Cycle de perçage avec déburrage
G94*	Vitesse d'avance exprimée en mm/min	G84	Cycle de taraudage
G95	Vitesse d'avance exprimée en mm/tr	G85	Cycle d'alésage
G96	Vitesse de coupe constante	G86	Cycle d'alésage avec arrêt de broche
G97	Révocation de la vitesse de coupe constante	G87	Cycle de perçage avec brise-copeaux
M00	Arrêt programmé	G88	Cycle d'alésage et dressage de face
M01	Arrêt optionnel	G89	Cycle d'alésage avec arrêt temporisé
M02	Fin de programme de la pièce	G90*	Programmation absolue (origine programme)
M03	Rotation broche sens anti-trigonométrique	G91	Programmation relative (point de départ bloc)
M04	Rotation broche sens trigonométrique	G93	Vitesse d'avance en inverse du temps V/L
M05	Arrêt broche	G94*	Vitesse d'avance en mm/min
M06	Changement d'outil	REMARQUE Les fonctions auxiliaires M de ces armoires sont identiques pour le fraisage et le tournage.	
M07	Arrosage n° 2		
M08	Arrosage n° 1		
M09	Arrêt des arrosages		
M19	Indexation broche		
M40 à M42	3 gammes de broche	M40 à M45	6 gammes de vitesse de broche
		M60	Déchargement palette
		M61	Chargement palette

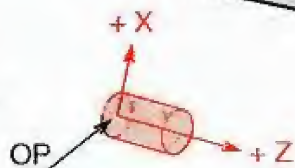
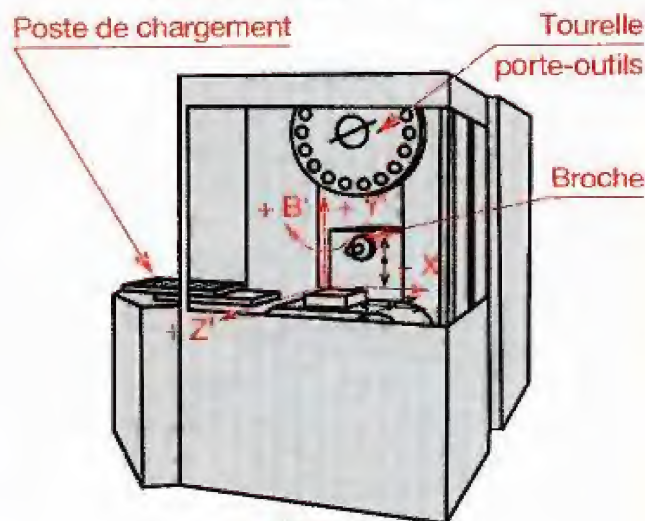
\* Fonctions initialisées à la mise sous-tension.

\*\* Fonctions communes pour NUM 720 à 1040T et F.

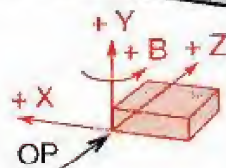
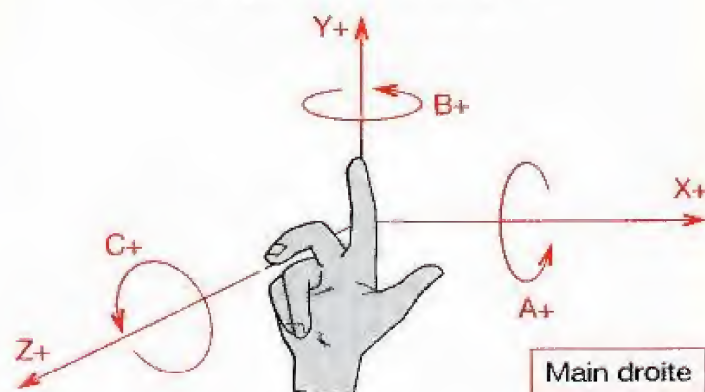


**Tour CN**

Référentiel de programmation lié à la pièce

**Centre horizontal CN**

Référentiel de programmation lié à la pièce

**Règle des trois doigts**

## 53.4 AXES NORMALISÉS

### NF Z 68-020

**53.41 RÉFÉRENTIEL**

Le référentiel est lié à la pièce placée sur la machine. Il est désigné par les lettres **X**, **Y**, **Z** non munies du signe (''). Les axes sont parallèles aux glissières de la machine.

Le sens positif du mouvement d'un chariot de la machine est celui qui provoque une augmentation sur la pièce de la dimension correspondante.

Sur la machine, les axes sont désignés par des lettres munies du signe ('') lorsqu'il y a déplacement de la pièce (outil fixe). Le sens positif de ce mouvement est opposé à celui désigné par la lettre munie du signe (''). Le choix de l'origine **O** du référentiel est arbitraire.

**53.42 AXE Z**

C'est l'axe de la broche, que celle-ci fasse tourner l'outil ou la pièce.

**REMARQUE**

Pour les machines possédant plusieurs broches, l'une d'elles est choisie comme broche principale.

**53.43 AXE X**

C'est un axe correspondant à un mouvement de la machine. Il est perpendiculaire à l'axe **Z**.

**53.44 AXE Y**

C'est un axe qui forme, avec les axes **X** et **Z**, un trièdre de sens direct (voir figure ci-contre).

**53.45 MOUVEMENTS DE ROTATION**

Les symboles **A**, **B**, **C** désignent les mouvements de rotation effectués respectivement autour d'axes parallèles à **X**, **Y** et **Z**.

\* Lire « Prime ».



# **MODE ABSOLU G90** **53.5** **MODE RELATIF G91**

Le système d'axes de coordonnées de la pièce est défini par les axes OX, OY, OZ, formant un trièdre direct.

Un déplacement de l'outil peut être programmé :

- soit en absolu G90,
- soit en relatif G91,

En programmation absolue G90, la cote est réalisée par rapport à l'origine programme.

En programmation relative G91, la cote est réalisée par rapport à la position précédente.

## **EXEMPLE DE TOURNAGE**

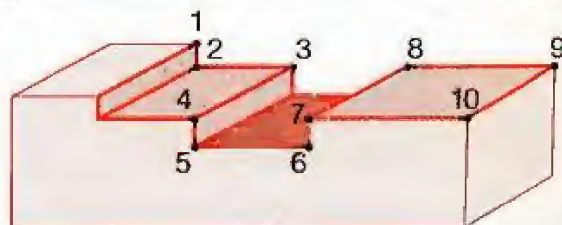
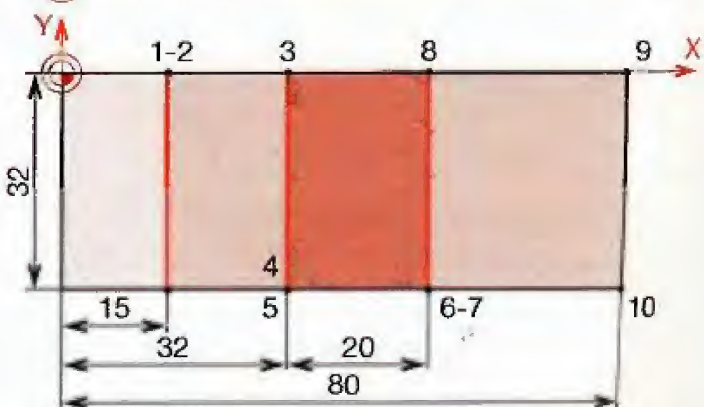
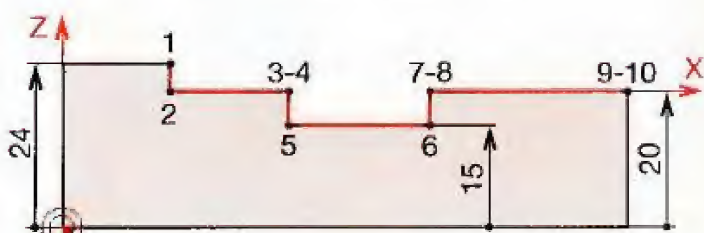
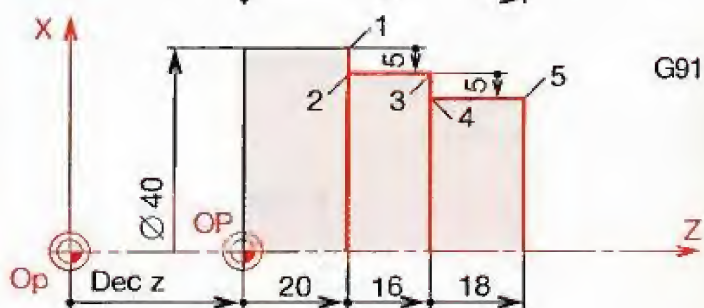
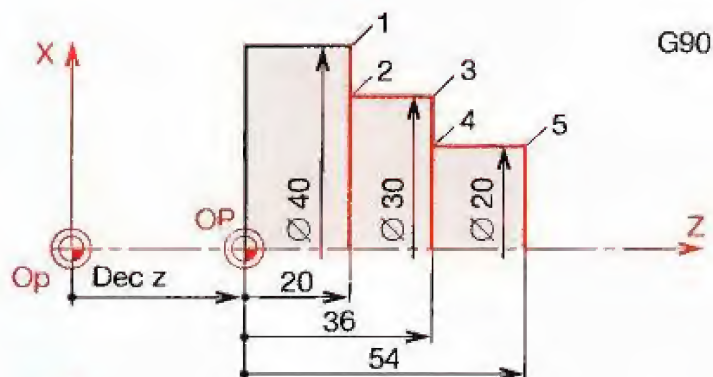
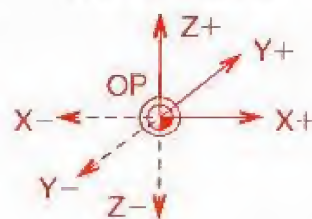
Rep	G90	Rep	G91
1	G90 X40 Z20	1	G90 X40 Z20
2	X30	2	G91 X-5 Z0
3	Z36	3	X0 Z16
4	X20	4	X-5 Z0
5	Z54	5	X0 Z18

## **EXEMPLE DE FRAISAGE**

Rep	G90	Rep	G91
1	G90 X15 Y0 Z24	1	G90 X15 Y0 Z24
2	Z20	2	G91 X0 Y0 Z-4
3	X32	3	X17 Y0 Z0
4	Y-32	4	X0 Y-32 Z0
5	Z15	5	X0 Y0 Z-5
6	X52	6	X20 Y0 Z0
7	Z20	7	X0 Y0 Z5
8	Y0	8	X0 Y32 Z0
9	X80	9	X28 Y0 Z0
10	Y-32	10	X0 Y-32 Z0

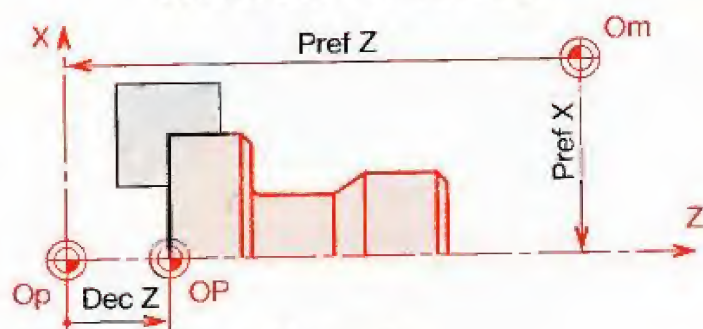
## **Trièdre direct**

NF Z68-020





### Pref et Dec 1 en tournage

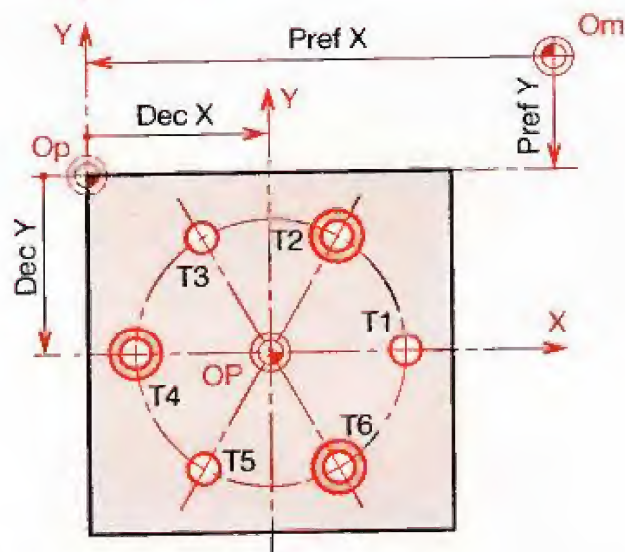
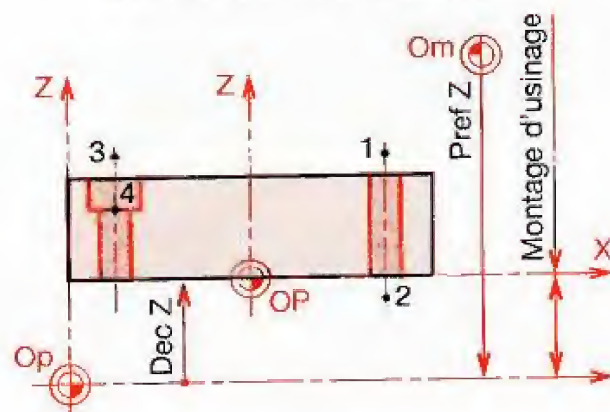


Op sur la broche de la Machine Outil



Op sur la face avant de la pièce

### Pref et Dec 1 en fraisage



Op sur la table de la Machine Outil

### Origine mesure : Om

C'est un point préférentiel défini sur chaque axe (au moyen d'un paramètre) par le constructeur machine. Il permet de fixer l'origine absolue de la mesure.

### Origine pièce : Op

Indépendante du système de mesure, l'origine pièce (Op) est définie par un point de la pièce, ou du porte-pièce, sur lequel on peut se positionner facilement.

### Origine Programme : OP\*

Indépendante du système de mesure, l'OP est l'origine du trièdre de référence qui sert à établir le programme, il appartient à la pièce.

### PREF ET DEC 1

**Prise de référence (Pref) :** distance entre l'origine mesure Om et l'origine pièce Op.

**Décalage d'origine (Dec 1) :** distance entre l'origine pièce Op et l'origine programme OP.

Le **Dec 1** peut être introduit au clavier du directeur de commande (D.C.N.) ou programmé (G59 X.. Y.. Z..).

### EXEMPLE DE DÉCALAGE (DEC) EN TOURNAGE (FIG. 1)

```
% 1 (Tour)
N10 G0 G90 G95 G80 G40 M5 M9
N20 G92 S3 500
N30 G52 X Z
N40 G59 Z22
N50 G79 N120
...
```

\* Op et OP peuvent être confondues.



## 55.1 TYPES DE TRAJECTOIRES

Toutes les trajectoires ayant une définition mathématique sont réalisables en CN.

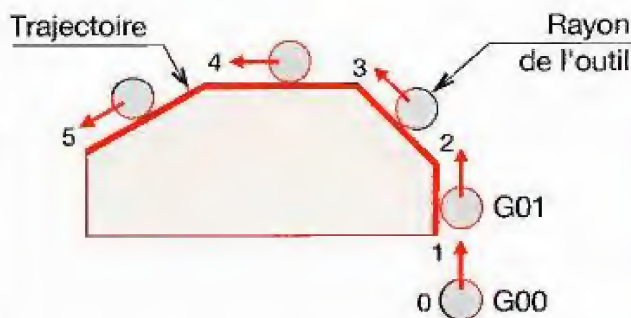
Cependant, pour les machines usuelles, les trajectoires sont des droites ou des cercles.

### TRAJECTOIRE LINÉAIRE

La trajectoire est une portion de droite dans le plan.

G0 : interpolation linéaire en rapide.

G01 : interpolation linéaire en vitesse programmée.

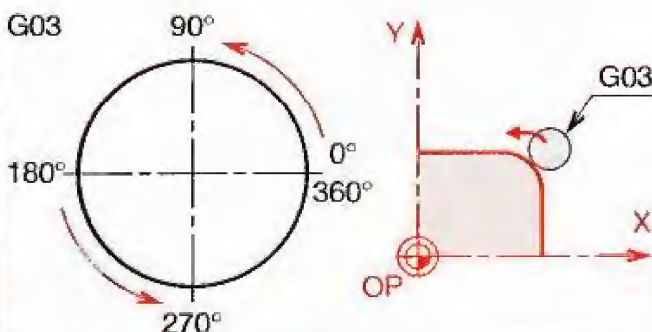
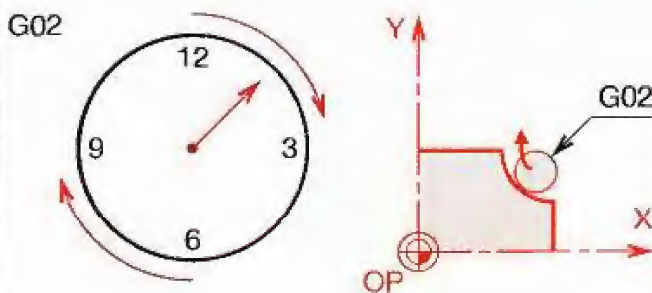


### TRAJECTOIRE CIRCULAIRE

La trajectoire est un cercle ou une portion de cercle.

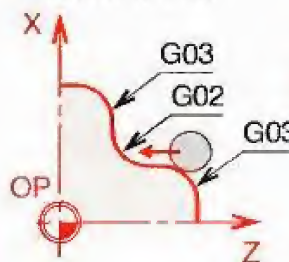
G02 : correspond au sens des aiguilles d'une montre.

G03 : correspond au sens trigonométrique.

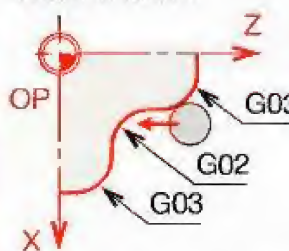


### Interpolation circulaire en tournage

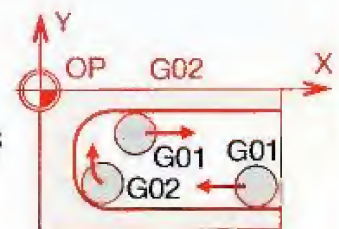
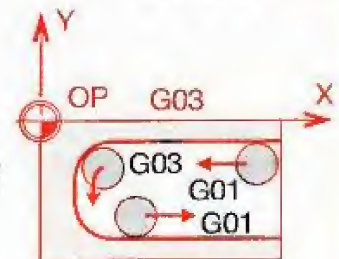
Tourelle arrière



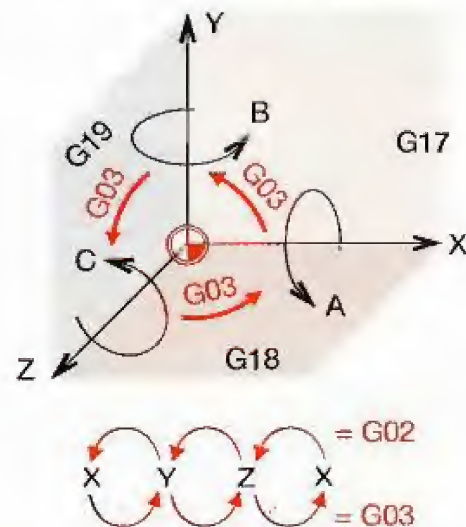
Tourelle avant



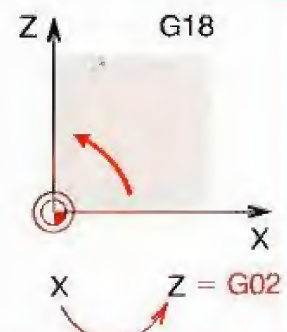
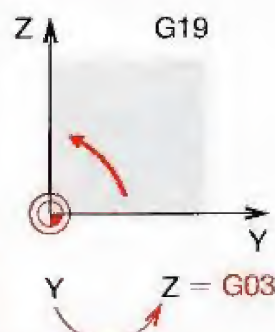
### Interpolation circulaire en fraisage



### INTERPOLATION DANS LES PLANS G17 G18 G19



### APPLICATION





## 55.2 POSITION DE L'OUTIL PAR RAPPORT À LA TRAJECTOIRE

### RÈGLE

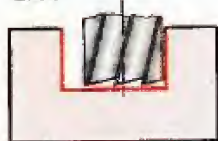
Un observateur placé en arrière de la trajectoire et regardant devant lui, situe la position de la trajectoire de l'outil par rapport au profil usiné.

G41 : correction de rayon d'outil à gauche du profil usiné.

G42 : correction de rayon d'outil à droite du profil usiné.

G40 : annulation de la correction de rayon.

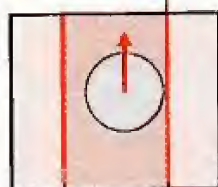
G41



G42

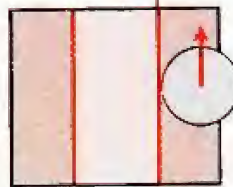


Profil usiné



Observateur

Profil usiné



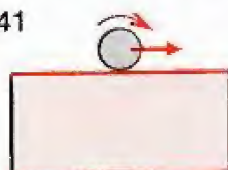
Observateur

### Correction de rayon en fraisage

Travail en avant (fraisage)

Travail en opposition (fraisage)

G41



G42



G42



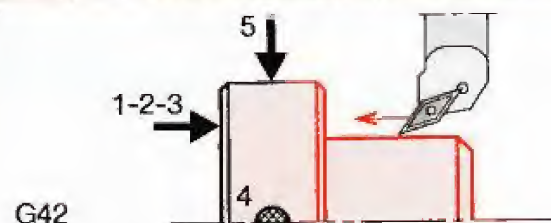
G41



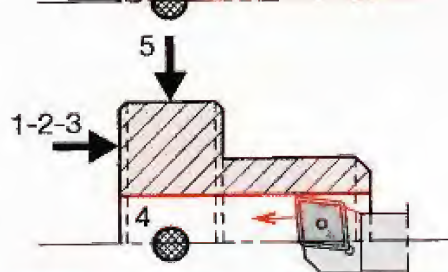
Travail en opposition (fraisage)

Travail en avant (fraisage)

### Correction de rayon en tournage



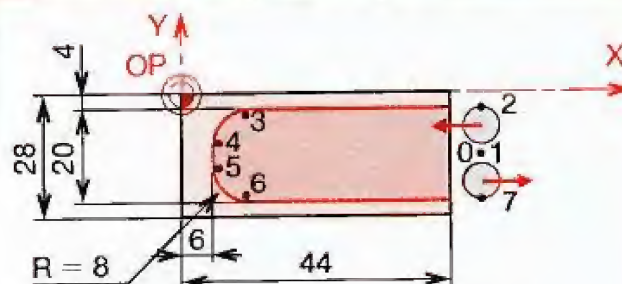
G42



G41

### EXEMPLES D'APPLICATION

#### Fraisage NUM 750-NUM 720



%41

N40 G0 X52 Y-14 Z18 (0)

N50 Z12 (1)

N60 G1 G41 Y-4 F120 (2)

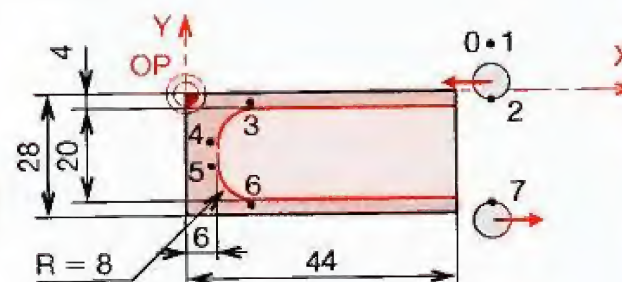
N70 X14 (3)

N80 G3 X6 Y-12 R8 (4)

N90 G1 Y-16 (5)

N100 G3 X14 Y-24 R8 (6)

N110 G1 X60 (7)



%41

N40 G0 X56 Y10 Z18 (0)

N50 Z12 (1)

N60 G1 G42 Y-4 F120 (2)

N70 X14 (3)

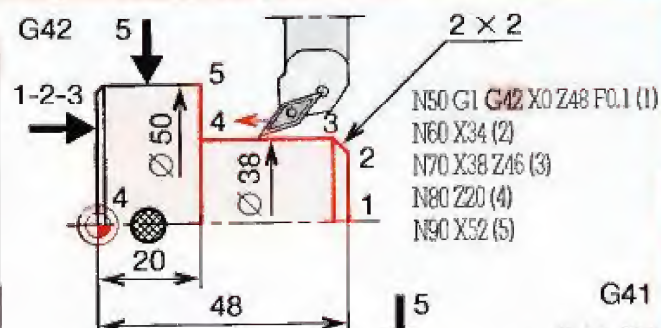
N80 G3 X6 Y-12 R8 (4)

N90 G1 Y-16 (5)

N100 G3 X14 Y-24 R8 (6)

N110 G1 X68 (7)

#### Tournage NUM 750-NUM 720



N50 G1 G41 X0 Z48 F0.1 (1)

N60 X34 (2)

N70 X38 Z46 (3)

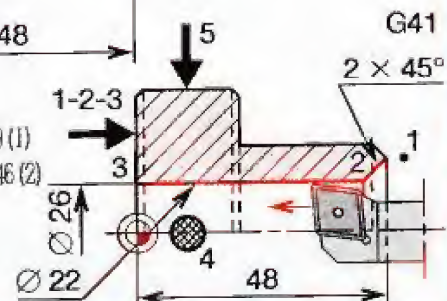
N80 Z20 (4)

N90 X52 (5)

N100 G0 G41 X32 Z49 (1)

N110 G01 F0.1 X26 Z46 (2)

N120 Z-2 (3)





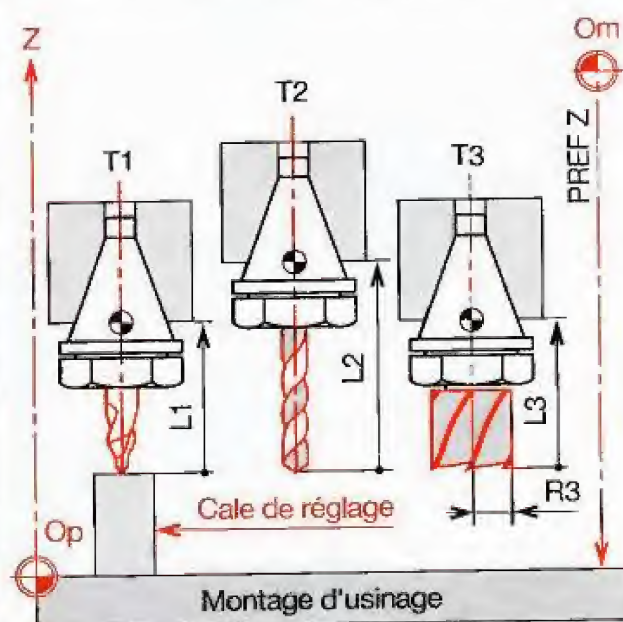
La jauge-outil est la distance entre le point considéré de l'arête et le référentiel lié à l'outil ou au porte-outil.

Deux méthodes de mesure sont utilisées :

- la première consiste à mesurer les longueurs d'outils  $L1$ ,  $L2$ , ... et les rayons  $R1$ ,  $R2$ , ... à l'aide d'un banc de prééplage,\*
- la deuxième consiste à utiliser la machine à commande numérique comme machine à mesurer.

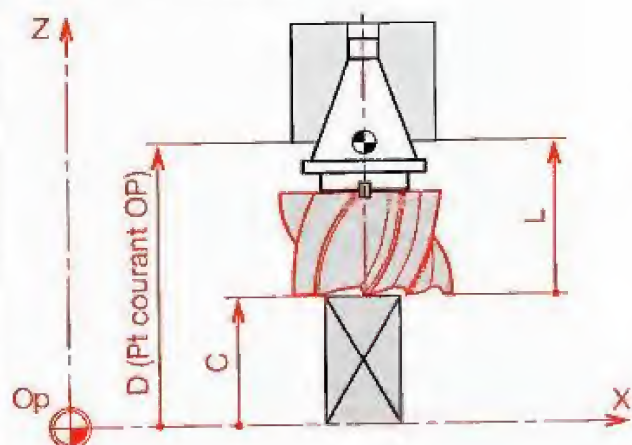
Les outils ne servant pas au contourage ont pour rayon  $R = 0$ .

## CORRECTEUR D'OUTIL EN FRAISAGE SUR MACHINE-OUTIL



## CORRECTEUR DE LONGUEUR SUR MACHINE-OUTIL

Calcul de L en manuel



$L$  = correcteur de longueur  
 $D$  = distance au Pt courant OP  
 $C$  = longueur de la cale

$$L = D - C$$

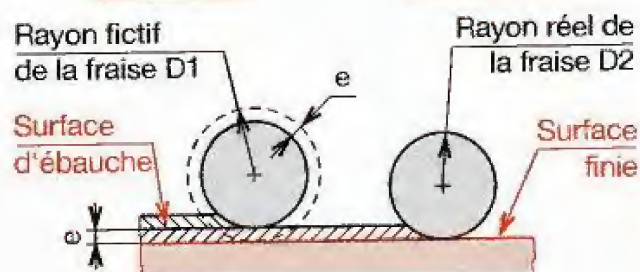
## CORRECTION DE RAYON EN FRAISAGE

Le principe de correcteur de rayon permet d'effectuer avec un même outil une ébauche et une finition sans modifier le programme. Il est également utile pour compenser l'usure de la fraise.

**EXEMPLE :** fraise  $T1 = R8$   $e = 0,3^{**}$ ;  $D1 : R = 8,3$ ;  $D2 : R = 8$

$$D1 = R + e$$

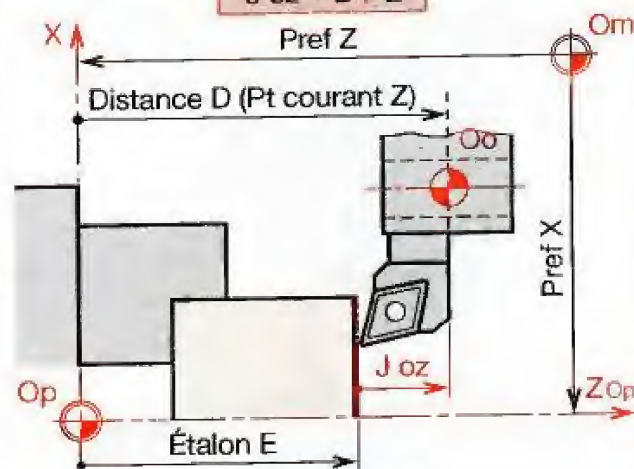
$$D2 = R$$



## CORRECTEURS D'OUTILS EN TOURNAGE

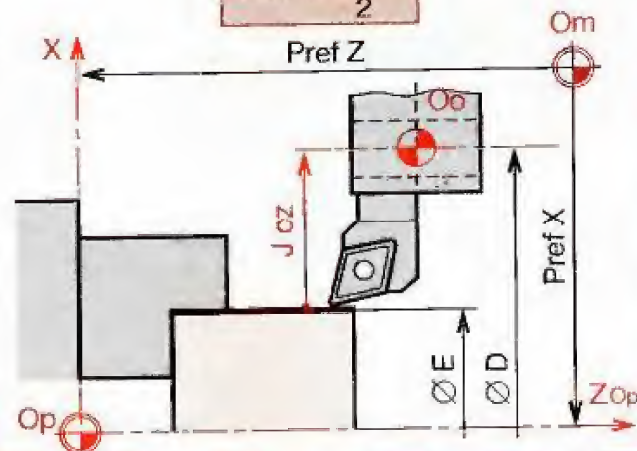
Calcul de la jauge J suivant  $\vec{OZ}$  (page OP)

$$J_{OZ} = D - E$$



Calcul de la jauge J suivant  $\vec{OX}$  (page OP)

$$J_{OX} = \frac{D - E}{2}$$

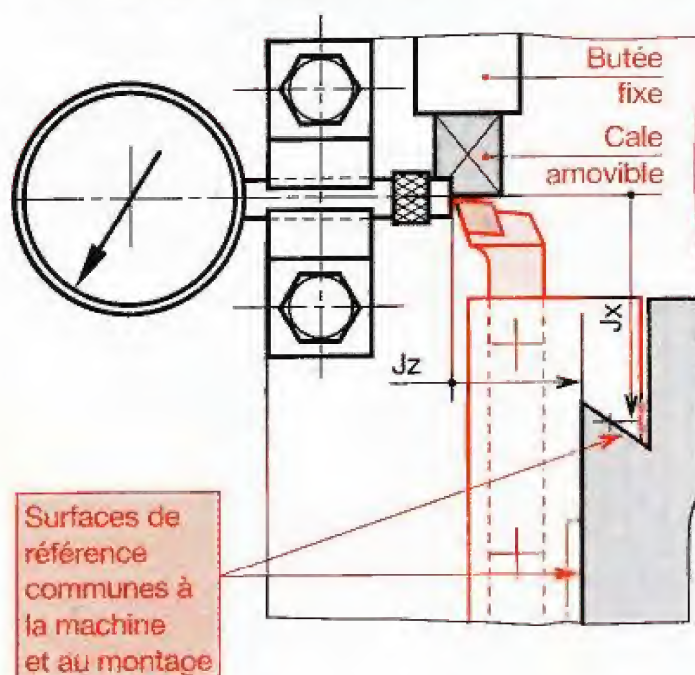


\* Voir chapitre 57.

\*\* La valeur de  $e$  est introduite en correction dynamique.



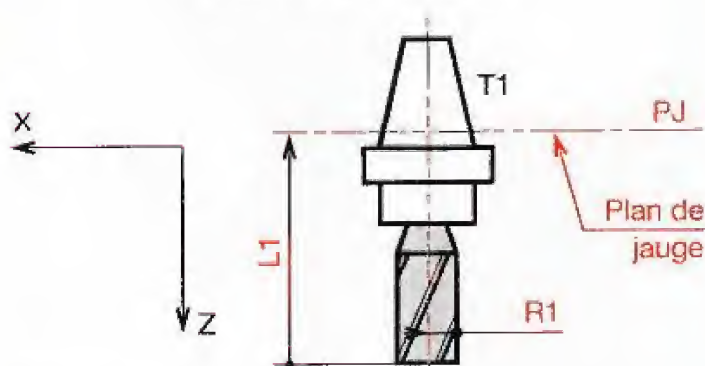
## Préréglage en conventionnel (outil de tour)



### Banc de préréglage C.N.\*\*



### Jauges d'une fraise



\*\* SAPAM Lincas-Monthéry.

Le préréglage des outils est indispensable pour l'usinage en série afin de réduire les temps, en particulier le temps  $T_s^*$  d'équipement du poste. Le préréglage consiste à positionner et à mesurer l'arête tranchante d'un outil par rapport à la référence du porte-outil.

Cette manipulation se fait en « externe », c'est-à-dire en dehors de la machine-outil afin de ne pas l'immobiliser.

## 57.1 PRÉRÉGLAGE EN CONVENTIONNEL

Les montages de préréglage sont très divers en fonction des outils, des porte-outils et de la précision recherchée.

Soit l'exemple ci-contre d'un outil à chariotier-dresser. Le dispositif permet de déterminer les cotes  $Jx$  et  $Jz$  par rapport aux surfaces de référence du porte-outil. Ces surfaces sont communes avec le tour utilisé.

## 57.2 PRÉRÉGLAGE EN COMMANDE NUMÉRIQUE

Des procédures sont prévues pour mesurer les jauges-outils directement sur les commandes numériques.

Les bancs de préréglage sont à utiliser systématiquement en commande numérique non seulement pour réduire les temps d'équipement mais pour faciliter la gestion des outils en intégrant la F.A.O. (Fabrication assistée par ordinateur) et la G.P.A.O. (Gestion de production assistée par ordinateur).

\*  $T_s$  : temps série.



## 57.21 JAUGES-OUTILS

Soit pour une fraise deux tailles associée à un porte-fraise :

■ jauge suivant  $Z = L1$  (distance séparant l'extrémité de l'outil à la face de référence),

■ jauge suivant  $X = R1$  (distance séparant la génératrice de la fraise à l'axe (rayon)).

Soit pour un outil à chariot-dresser associé à son porte-outil :

■ jauge suivant  $Z = Jz2$  (distance séparant l'arête de l'outil de la référence),

■ jauge suivant  $X^* = Jx2$  (distance séparant l'arête de l'outil de la référence).

## 57.22 MESURE DES JAUGES

Soit à mesurer les jauges d'un outil à chariot-dresser associé à son porte-outil sur un banc de préréglage\*\*. La manipulation est la suivante :

1 Étalonner l'adaptateur (le point de référence [2] est mis en mémoire).

2 Sélectionner le point [2] (référence).

3 Déplacer le chariot de mesure jusqu'à l'affichage de « Display affiche »,

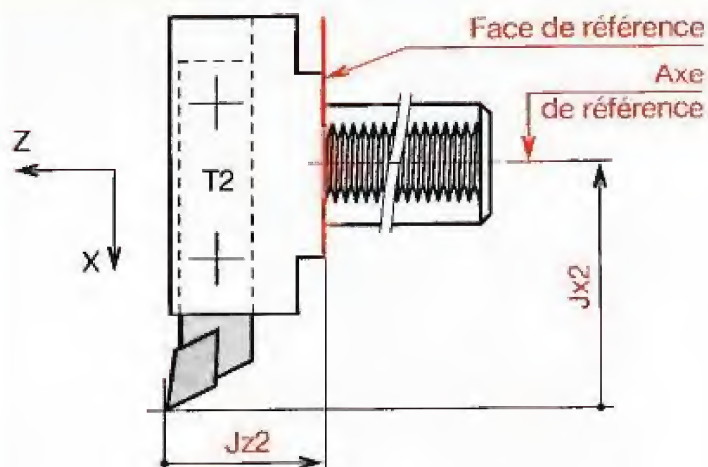
4 Faire tangenter le bec de l'outil aux axes du réticule. (Les compteurs affichent la valeur des jauges  $Z = 50.000$  ;  $X = 75.000$ .)

5 Sélectionner la sortie des données [PRT]. Les jauges peuvent être immédiatement téléchargées dans le directeur de commande numérique du tour.

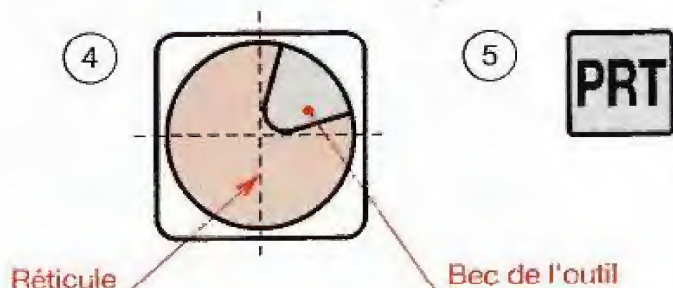
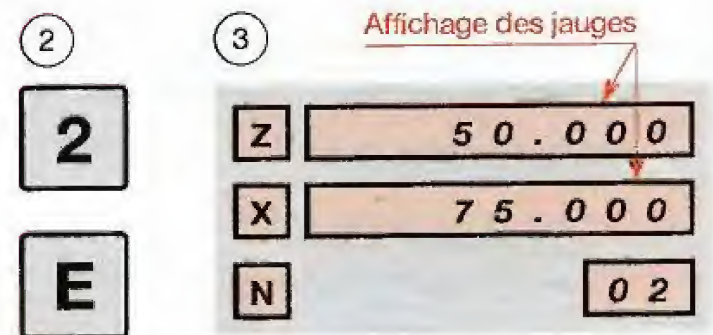
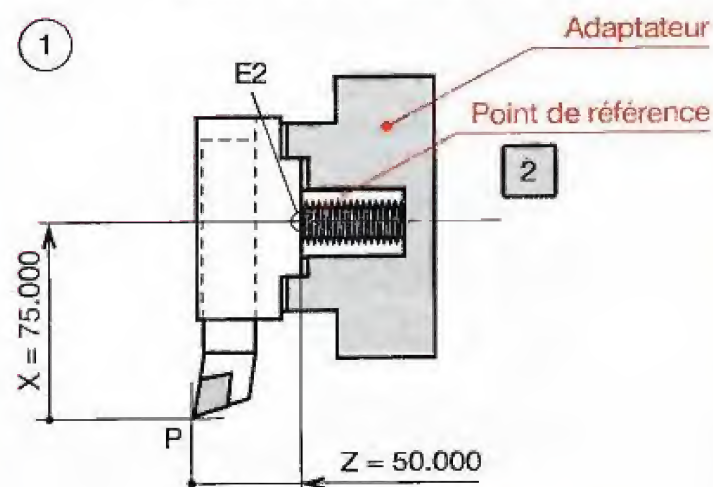
\* Pour un outil à ciseler dont l'arête est située de l'autre côté de l'axe, la jauge X est négative.

\*\* SAPAM Linas-Monthéry.

## Jauges d'un outil à charioter-dresser



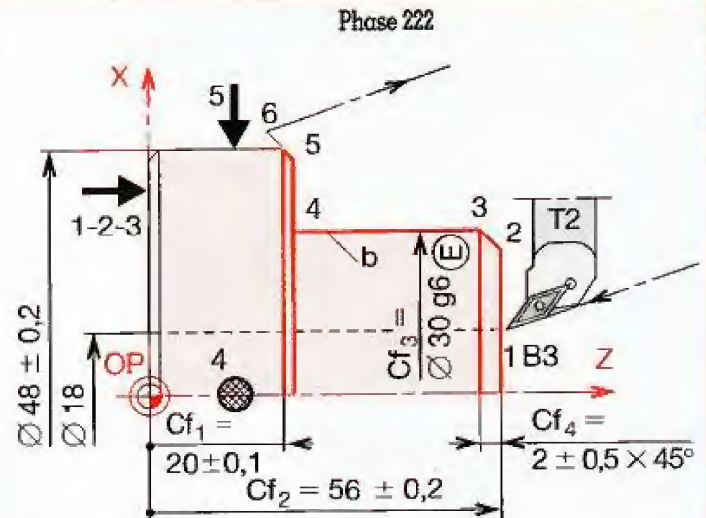
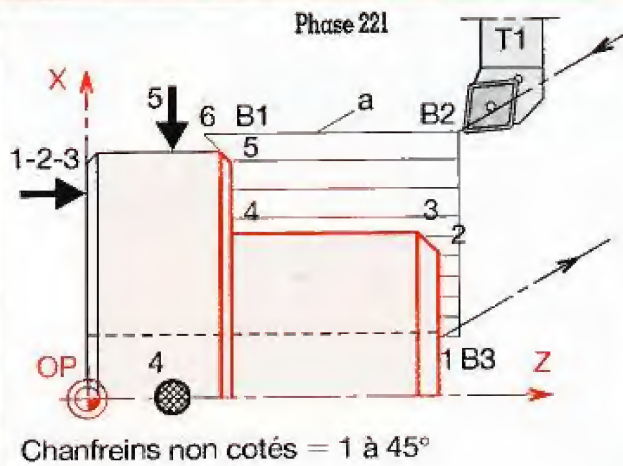
## Mesure des jauges Z et X



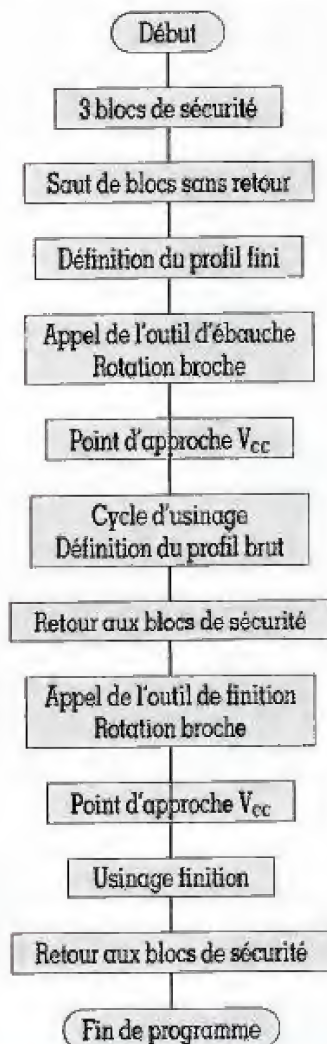


## 58.1 STRUCTURE D'UN PROGRAMME DE TOURNAGE

Programme comportant un cycle d'ébauche G64



### SYNTAXE D'UN PROGRAMME



### Étapes

1	% 3 (GUIDE)
2	N10 G90 G95 G80 G40 M5 M9 N20 G92 S3 500 N30 G52 X-5 Z-150
3	N40 G79 N110
4	N50 X16 Z56 (1) N60 X26 (2) N70 X29.986 Z54 (3) N80 Z20 (4) N90 X46 (5) N100 X50 Z18 (6)
5	N110 T1 D1 M6 N120 G97 S800 M40 M4 M7
6	N130 X50 Z60 N140 G96 S260
7	N150 G64 N100 N50 P2 I0.4 K0.15 F0.4 N160 X50 Z18 (B1) N170 Z60 (B2) N180 X16 (B3)
8	N190 G77 N 10 N30
9	N200 T2 D2 M6 N210 G97 S800 M40 M4 M7
10	N220 G42 X16 Z60 (B3) N230 G96 S440
11	N240 G77 N50 N100 G1 F0.1
12	N250 G77 N10 N30
13	N260 M02

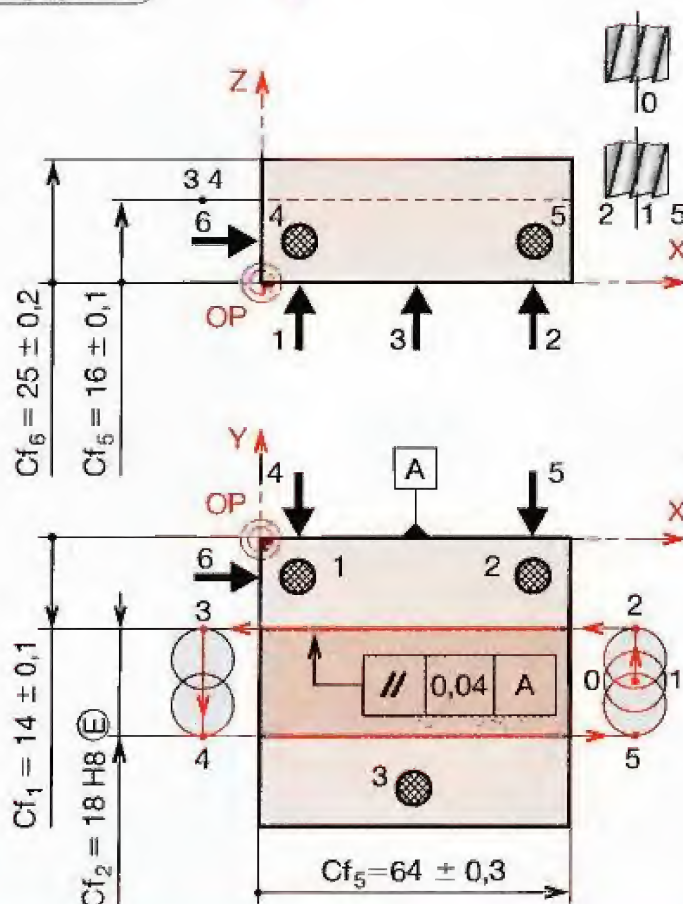
Seules les données en rouge changent en fonction des pièces à usiner.



## 58.2 STRUCTURE D'UN PROGRAMME DE FRAISAGE

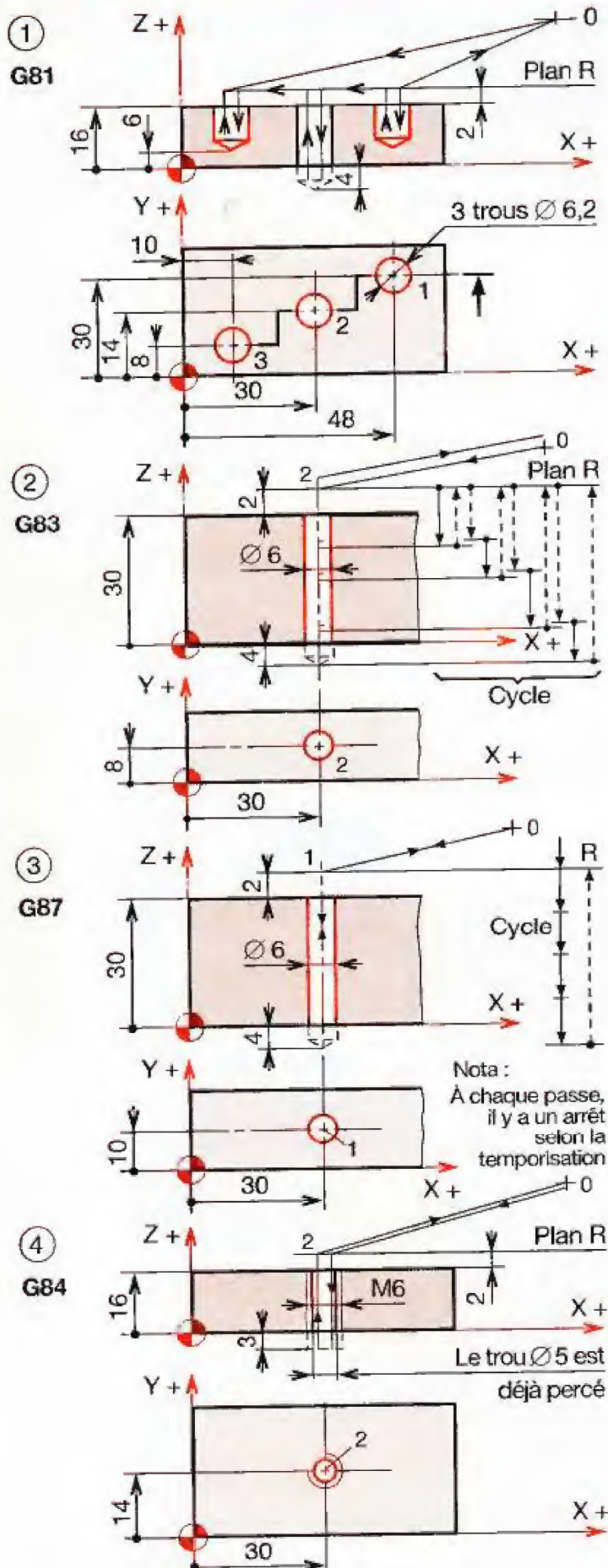
### Syntaxe d'un programme

#### Étapes



Seules les données  
en rouge changent  
en fonction  
des pièces à usiner.





Les cycles d'usinage sont ceux de la série G80. Ils sont appelés par une fonction G de G81 à G89 et sont annulés par G80. La fonction est modale\*.

### ■ Structure d'un cycle

G8... cycle d'usinage.

X... Y... cotes de positionnement.

Z... cote de fond de trou.

ER... cote du plan de remontée.

F... vitesse d'avance en mm/min.

EF... temporisation exprimée en secondes (utilisée en G82, G87, G89).

P... profondeur de première passe (utilisée en G83 et G87).

Q... profondeur de dernière passe (utilisée en G83 et G87).

### REMARQUES

Les adresses EF, P et Q sont facultatives. Les cycles G83 et G87 s'exécutent à des profondeurs de passe dégressives de P à Q.

Si P n'est pas programmé ou Q programmé, seule la pénétration sera égale à la profondeur du trou.

Pour G84,  $F = S$  (en t/min),  $X$  Pas (en mm).

Exemple :  $S = 500$  Pas = 1  $F = 500 \times 1$   $F = 500$ .

### P R O G R A M M A T I O N

G81 perçage (fig. 1)	G83 déburrage (fig. 2)
N40 S1000 M40 M3 M7 N50 G81 X48 Y22 ER18 Z6 F160 (1) N60 X10 Y8 (3) N70 X30 Y14 Z-4 (2) N80 G0 G80 G52 X Y Z**	N40 S1000 M40 M3 M7 N50 G83 X30 Y8 ER32 Z-4 P12 Q6 F160 N60 G0 G80 G52 X Y Z
G87 brise-copeau (fig. 3)	G84 taraudage (fig. 4)
N40 S1000 M40 M3 M7 N50 G87 X30 Y10 ER32 Z-4 P12 Q6 F160 N60 G0 G80 G52 X Y Z	N40 S500 M40 M3 M7 N50 G84 X30 Y14 ER18 Z-3 F500 N60 G0 G80 G52 X Y Z

\* Modale : la fonction reste active jusqu'à son annulation.

\*\* S'il y a des obstacles à éviter, d'abord G52 Z puis G52 XY.



Si une pièce comporte des éléments régulièrement répartis, par exemple 6 trous, il est possible, grâce au décalage angulaire de ne programmer que la figure élémentaire.

Adresse : ED

Format : degrés et 1/1 000 de degré

Valeur modale\* annulée par Raz ou M02.

Fonction programmée en G90 ou G91.

Annulation de la valeur angulaire par ED 0.

## DÉCALAGE ANGULAIRE EN G1

% 22.\$\*\* ED

N10 G0 G90 G80 M5 M9 G52 Z

N20 G52 X Y

N30 T10 D10 M6 (foret D9)

N40 S1200 M40 M3

N50 G79 N80

Perçage → N60 G90 G83 X50 Y0 Z-5 ER22 P15 F180 (1, 2 ; T1)

N70 G80 G91 ED 60 (décalage angulaire)

← N80 G77 N60 N70 S6

N90 ED 0 (fin du décalage angulaire)

N100 G77 N10 N20

N110 T11 D11 M6 (fraise 3 dents coupe au centre)

N120 S680 M40 M3

N130 G79 N160

Lamage → N140 G90 G82 X-50 Y0 Z11 ER22 F100 EF1 (3, 4 ; T4)

N150 G80 G91 ED 120 (décalage angulaire)

← N160 G77 N140 N150 S3

N170 ED 0 (fin du décalage angulaire)

N180 G77 N10 N20

N190 M02

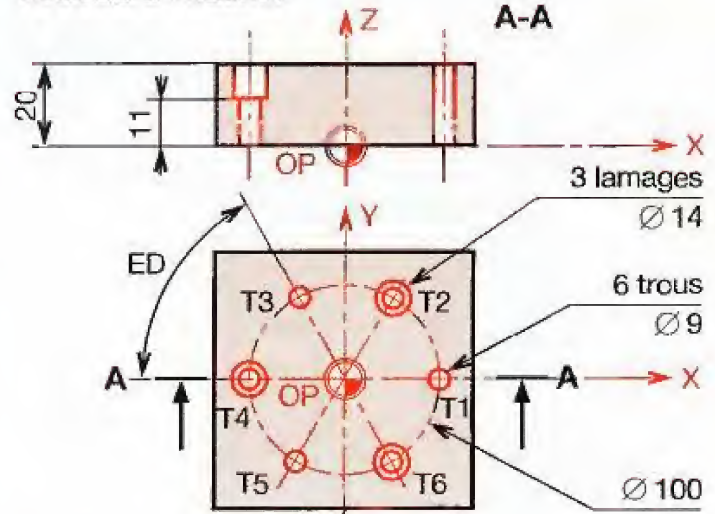
## REMARQUES

■ Les blocs N60 et N140 donnent la définition de la figure élémentaire en G90.

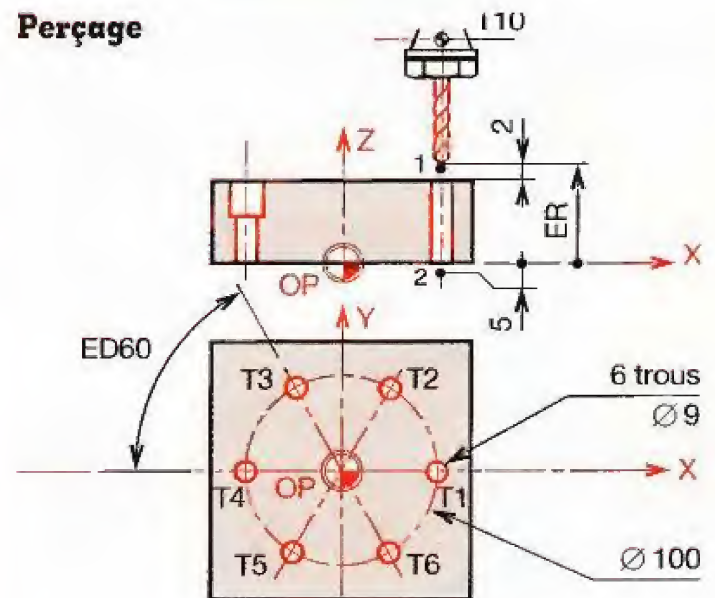
■ Les blocs N70 et N150 doivent comporter :

- L'annulation des cycles (perçage, lamage...).
- La programmation relative G91.
- Le décalage angulaire ED.
- Les blocs N80 et N160 exécutent six et trois fois la séquence (S6 et S3).
- Les blocs N90 et N170 terminent le décalage angulaire ED0.

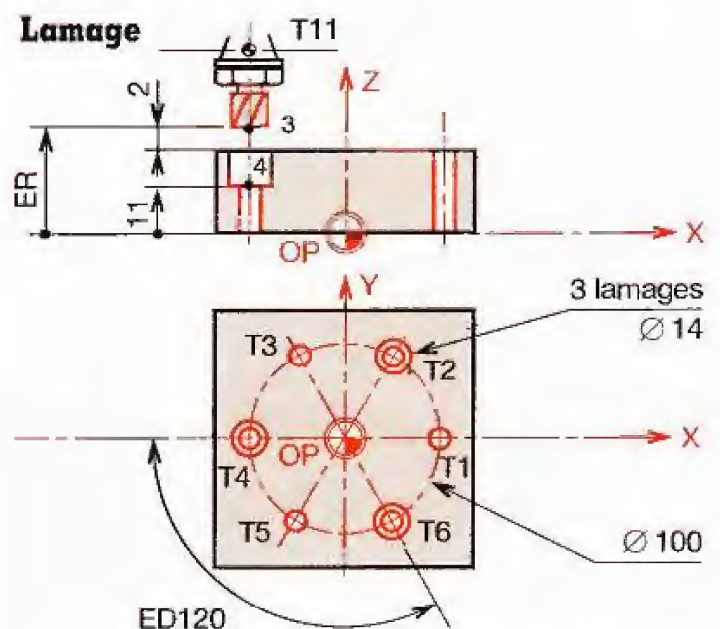
## Travail à réaliser



## Perçage



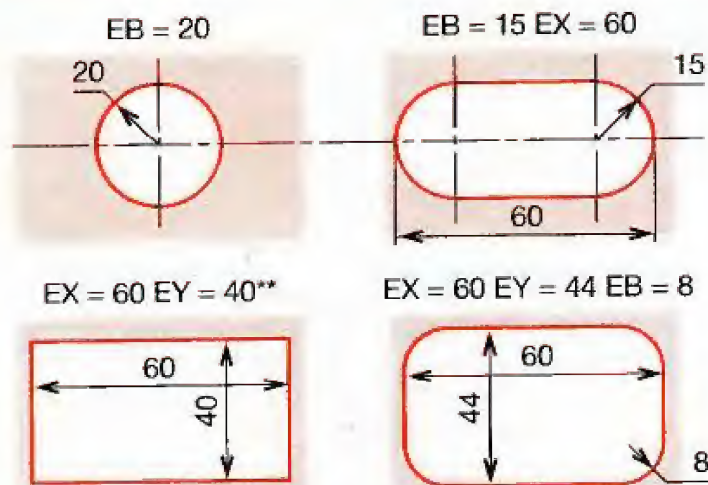
## Lamage



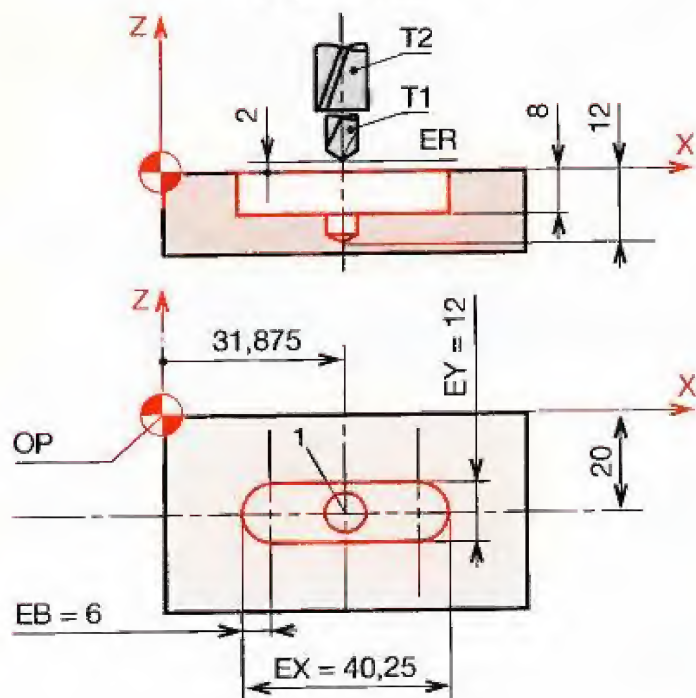
\* Modale : la fonction reste active jusqu'à son annulation.

\*\* \$ : Dollar (remplace la parenthèse).





### Programmation



### CYCLE DE POCHE (NUM)

% 45 \$ Cycle de poche

N10 G0 G80 G52 Z M5 M9

N20 G52 X Y

N30 T1 D1 M6 (foret Ø 8 coupe alu)

N40 S3800 M40 M3 M7

N50 G81 X31.875 Y-20 Z-12 ER2 F380 (I)

N60 G77 N10 N20

N70 T2 D2 M6 (fraise 2T, Ø 10, coupe alu)

N80 S3500 M40 M3 M7

N90 G45 X31.875 Y-20 Z-8 EX40.25 EB6 P3.5 Q1 J0.2 J0.2

EP150 EQ200 EJ150 EJ200

N100 G77 N10 N20

N110 M02

Le cycle de poche permet d'usiner des poches de formes simples, par exemple :

- poche circulaire,
- poche oblongue,
- poche rectangulaire\*,
- poche rectangulaire avec congé aux coins.

L'utilisateur a la possibilité de programmer :

- une ébauche seule ;
- une ébauche suivie de passes de finition (dans ce cas l'ébauche et les finitions sont effectuées avec le même outil) ;
- une finition axiale ou une finition latérale pour une poche dont l'ébauche a été programmée séparément.

Ces différents choix s'effectuent par la programmation ou la non programmation de certains paramètres.

### PROGRAMMATION

G45 : fonction préparatoire non modale.

### PROGRAMMATION

X, Y, Z	Coordonnées du centre et du fond de la poche en absolu G90
ER	Plan d'approche
EB	Rayon
EX	Longueur suivant X
EY	Longueur suivant Y
P	Passe axiale ébauche
Q	Passe latérale ébauche
I	Passe axiale finition
J	Passe latérale finition
EP	Vitesse axiale ébauche
EQ	Vitesse latérale ébauche
EI	Vitesse axiale finition
EJ	Vitesse latérale finition

\* Dans ce cas le rayon est celui de l'outil.

\*\* EB = rayon de la fraise utilisée.

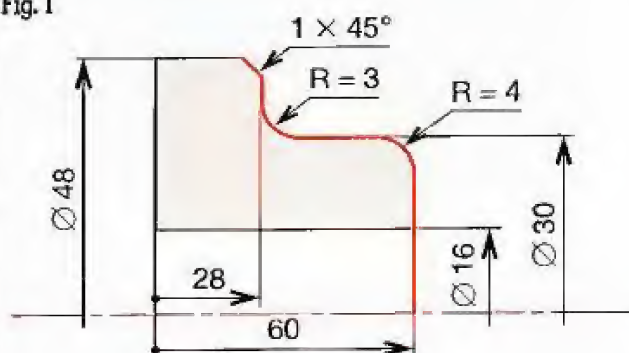


Le cycle d'ébauche, permet, à partir de la définition d'un profil fini et d'un profil brut, d'effectuer l'ébauche d'une pièce suivant l'axe X ou Z.

Soit à réaliser la programmation de la pièce fig. 1

### DESSIN

Fig. 1



### Syntaxe de la programmation

G64 Nn Nm L... K... P (ou R) F...

X... Z... (B1)

X... Z... (B2) Définition du brut

X... Z... (B3)

G80 (Annulation du cycle)

Nn Nm : bornes du profil fini

P : pénétration de la passe en X

R : pénétration de la passe en Z

L : surépaisseur en X

K : surépaisseur en Z

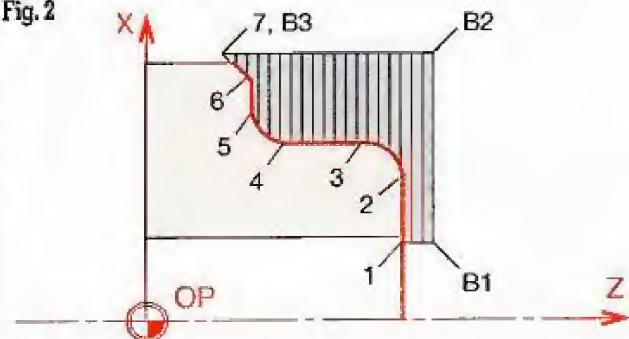
F : avance en mm/tr si G95

Le profil fini doit comporter moins de 50 blocs.

Le premier et le dernier bloc du profil fini doivent comporter les cotes X et Z.

### CYCLE D'ÉBAUCHE RADIAL

Fig. 2



### Ébauche en Z (fig. 2) NUM 750 NUM 720

N160 G64 N50 N110 R2 L4 K.15 F.4

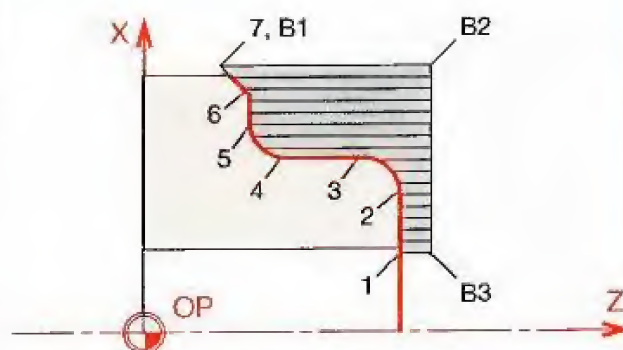
N170 X14 Z64 (B1)

N180 X50 (B2)

N190 Z26 (B3)

### CYCLE D'ÉBAUCHE PARAXIAL\*

Fig. 3



### COORDONNÉES

Points	1	2	3	4	5	6	7/B1	B2	B3
X	14	22	30	30	36	46	50	50	14
Z	60	60	56	31	28	28	26	64	64

### NUM

% 64 \$ Épaulement

N10 G G90 C35 G80 G40 M5 M9

N20 G92 S3500

N30 G52 X-5 Z-150

N40 G79 N120

N50 G1 X14 Z60 (1)

N60 X22 (2)

N70 G3 X30 Z56 R4 (3)

N80 G1 Z31 (4)

N90 G2 X36 Z28 R3 (5)

N100 G1 X46 (6)

N110 X50 Z26 (7)

N120 T1 D1 M6 (outil ébauche)

N130 G97 S800 M40 M4 M7

N140 X50 Z64 (approche B2)

N150 G96 S245

N160 G64 N110 N50 P2 L4 K.15 F.4

N170 X50 Z26 (B1)

N180 Z64 (B2)

N190 X14 (B3)

N200 G77 N10 N30

N210 T2 D2 M6 (outil finition)

N220 G97 S800 M40 M4 M7

N230 G42 X14 Z64 (approche B3)

N240 G96 S330

N250 G77 N50 N110 F.1

N260 G77 N10 N30

N270 M02

Profil fini

Profil brut

Rappel du profil fini

\* Paraxial signifie parallèle à l'axe.



Le cycle de gorge permet l'usinage de poches en ébauche.

### Syntaxe de la programmation

G65 Nn Nm EA PZ (RX) I K F Q EF

Nn Nm : bornes du profil fini

EA : angle de pénétration dans la poche

P : valeur de la prise de passe en X

Z : valeur de la prise de passe en Z

X : limite de la zone à ébaucher si R

Z : limite de la zone à ébaucher si P

I : surépaisseur en X

K : surépaisseur en Z

Les fonctions I et K sont facultatives.

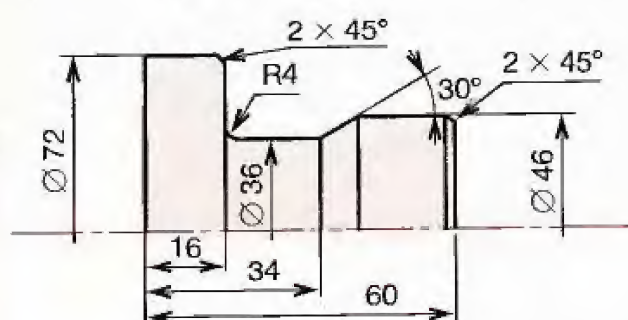
F : avance en mm/tr en G95

Q : positionnement de l'outil en avance rapide à une distance Q du

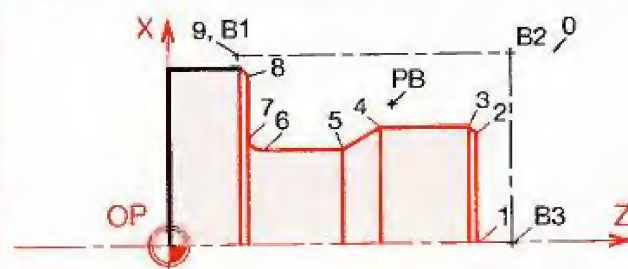
début de la passe suivante puis avance travail

EF : vitesse de pénétration dans la matière par défaut EF = F

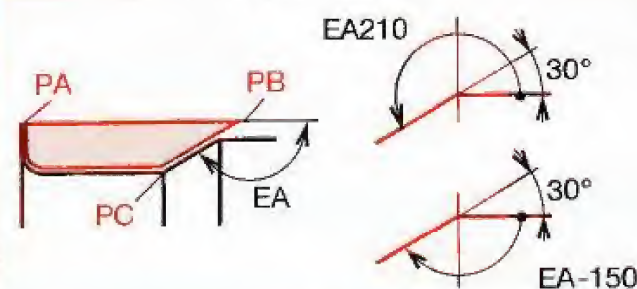
### DESSIN



### COORDONNÉES



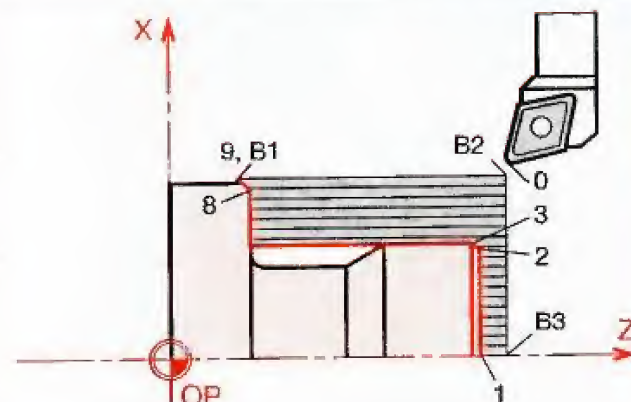
### ZONE À ÉBAUCHER



### Points

Axes	1	2	3	4	5	6	7	8	9/B1	B2	B3	PB
X	0	42	46		36		44	68	74		0	48
Z	60		58	42.68	34	20	16		13	64		44.39

### CYCLE D'ÉBAUCHE G64



% 65 \$ Cycle de gorge

N10 G0 G95 G80 G40 M5 M9

N20 G92 S4000

N30 G52 X Z

N40 G79 N140

N50 X Z60 (1)

N60 X42 (2)

N70 X46 Z58 (3)

N80 X46 Z42.66 (4)

N90 X36 Z34 (5)

N100 Z20 (6)

N110 G2 X44 Z16 R4 (7)

N120 G1 X68 Z16 (8)

N130 X74 Z13 (9)

N140 T1 D1 M6 (ébauche)

N150 S800 M40 M4 M7

N160 X74 Z64 (B2)

N170 G96 S245

N180 G64 N130 N50 P2 L4 K.15 F.4

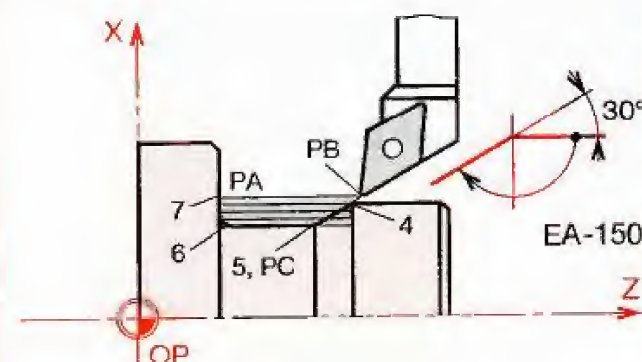
N190 X74 Z14 (B1)

N200 Z64 (B2)

N210 X0 (B3)

N220 G77 N10 N30

### CYCLE DE GORGE G65



N230 T2 D2 M6 (ébauche gorge)

N240 G97 S800 M40 M4 M7

N250 X48 Z 44.392 (PB)

N260 G96 S245

N270 G65 N120 N70 EA-150 P1 L4 K.15 Z16 Q1 F.4 EF.1

N280 G77 N10 N30

N290 T3 D3 M6 (finition)

N300 G97 S800 M40 M4 M7

N310 G42 X Z64 (B3)

N320 G96 S330

N330 G1 F.1 G77 N50 N130

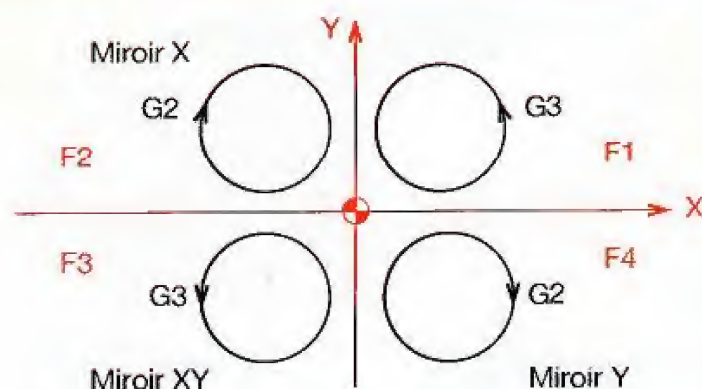
N340 G77 N10 N30

N350 M2









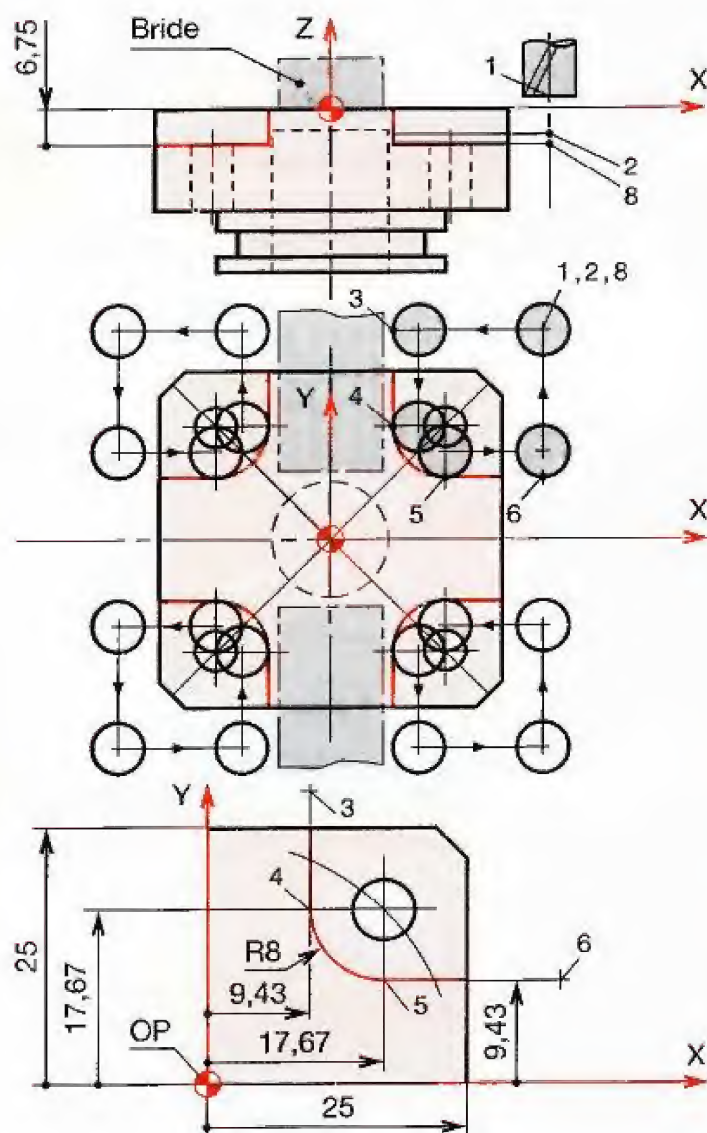
### La fonction MIROIR affecte

Les cotes programmées (inversion)

Les décalages en G59 (décalage d'origine programmé)

La correction de rayon G41 - G42

L'interpolation circulaire G2 - G3



La fonction miroir appliquée aux axes **X, Y, Z** permet de réaliser des usinages symétriques à partir d'un programme définissant la moitié ou le quart de la pièce.

### F O R M A T

Validation	Annulation
G51 X-	G51 X+
G51 Y-	G51 Y+
G51 XY-	G51 XY+

### P R O G R A M M A T I O N

```
% 51 $ Flasque AR NUM 720 F
N10 G0 G40 G52 Z M5 M9
N20 G52 X Y
N30 T1 D1 M6 $ Fraise 2T, Ø 12 coupe alu
N40 S2000 M41 M3 M8
N50 X33 Y33 Z60 (saut de bride) (1)
N60 Z-6.25 (2)
N70 G1 G41 F200 X9.43 (3)
N80 Y17.67 (4)
N90 G3 X17.67 Y9.43 R8 (5)
N100 G1 X39 (6)
N110 G0 G40 Y33 (2)
N120 Z-6.75 (8)
N130 G77 N70 N100
N140 G0 G40 X33 Y33 Z60 (1)
N150 G51 X - (fonction miroir suivant X -)
N160 G77 N50 N140
N170 G51 Y - (fonction miroir suivant Y -)
N180 G77 N50 N140
N190 G51 X + (suppression fonction miroir suivant X -)
N200 G77 N50 N140
N210 G51 Y + (suppression fonction miroir suivant Y -)
N220 G77 N10 N20
N230 M02
```



## PERÇAGE

La fonction compteur permet d'effectuer une suite d'opérations identiques.

Soit à réaliser :

10 trous  $\varnothing 8$  espacés de 20 mm.

## NUM 750 NUM 720

% 18 \$ Compteur

N10 G0 G90 G80 M5 M9 G52 Z0

N20 G52 X0 Y0

N30 T1 D1 M6

N40 S800 M40 M3 M7

N50 L100 = 1

) Initialisation du compteur

N60 G83 X30 Y-30 Z-5 ER22 P15 F112 (1)

→ N70 L100 = L100 + 1 | Comptage

N80 L100 > 10 G79 N110

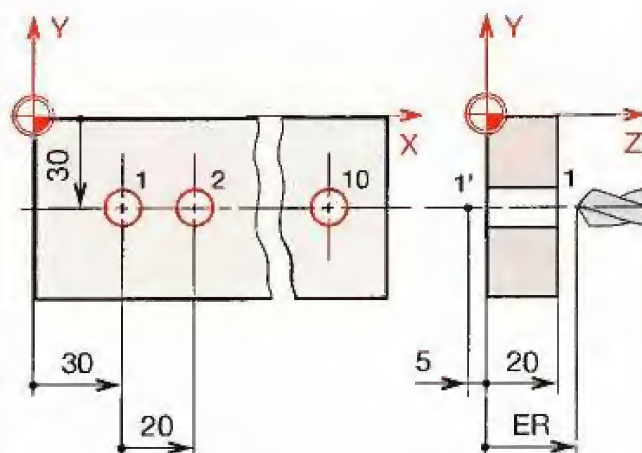
N90 G91 X20

) Déplacement

• N100 G79 N70

N110 G77 N10 N20

N120 M02



Initialisation du compteur au bloc N50 (L100 = 1).  
Tant que la variable L100 reste inférieure à 10,  
le bloc N100 exécute la suite des perçages grâce  
au bloc N90 G91 X20 (déplacement en relatif de 20 mm).

Lorsque L100 = 10 le cycle se termine.

## TOURNAGE

Soit à réaliser :

6 gorges de 2,15 espacées de 4 mm.

## NUM 750 NUM 720

% 19 \$ Compteur T

N10 G0 G90 M5 M9 G52 X Z

N20 T1 D1 M6

N30 S1000 M40 M4

N40 L100 = 1

) Initialisation du compteur

N50 X42 Z30 M7 (1)

→ N60 G90 G1 X36 F.1 (2)

N70 X42 F.5 (1)

N80 L100 = L100 + 1 | Comptage

N90 L100 > 6 G79 N120

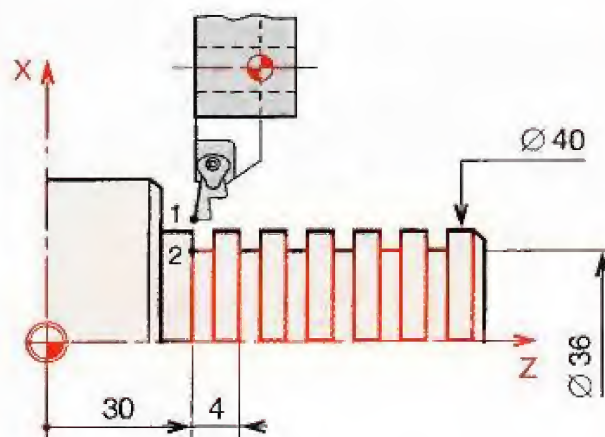
N100 G91 Z4

) Déplacement

• N110 G79 N60

N120 G77 N10 N10

N130 M2



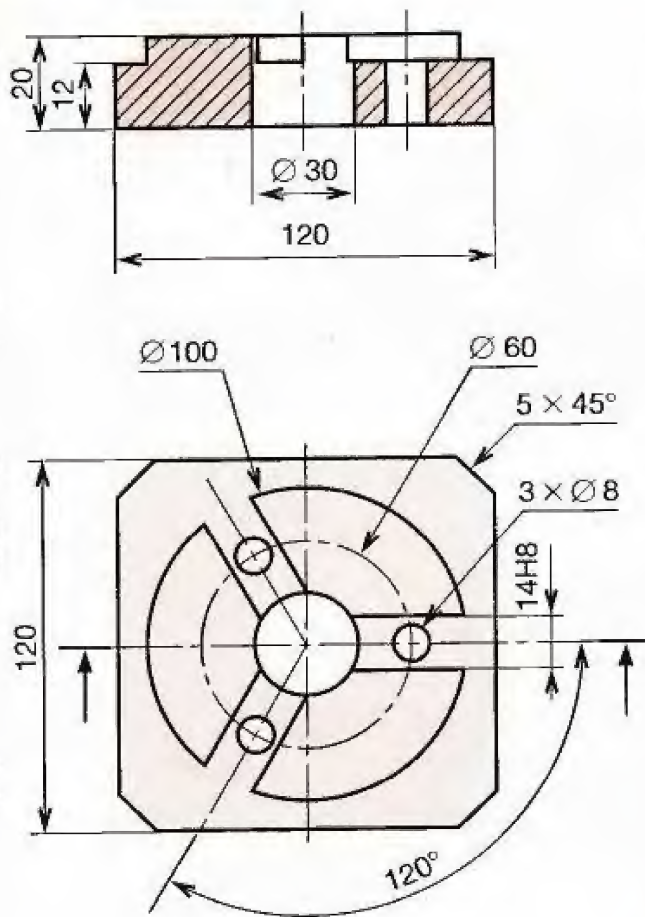
## REMARQUES

■ Le déplacement de l'outil se réalise en programmation relative (G91).

■ Ne pas oublier d'écrire G90 en début de cycle.



## Pièce à usiner



Tolérances générales ISO 2768 m-K

## STRUCTURATION PAR NIVEAUX

Niveau 0

Niveau 1

% 1 \$ P Principal

N1 G77 H10 → % 10 \$ Cercle. Fig. 1

N2 G77 H20 → % 20 \$ Poche. Fig 2

N3 G77 H30 → % 30 \$ Rainures  
Fig. 3N4 G77 H40 → % 40 \$ Perçages  
Fig. 4

N5 G77 M02

La programmation structurée permet une meilleure lisibilité du programme. La décomposition des différentes opérations est plus visible que dans un programme long et complexe.

## Structuration par niveaux

La structure peut être établie sur plusieurs niveaux.

L'appel des sous-programmes se fait par :

G77 H... suivi du numéro du programme.

## Application

À partir d'un brut de 120 × 120 × 20 en EN-GJL-200, on effectue :

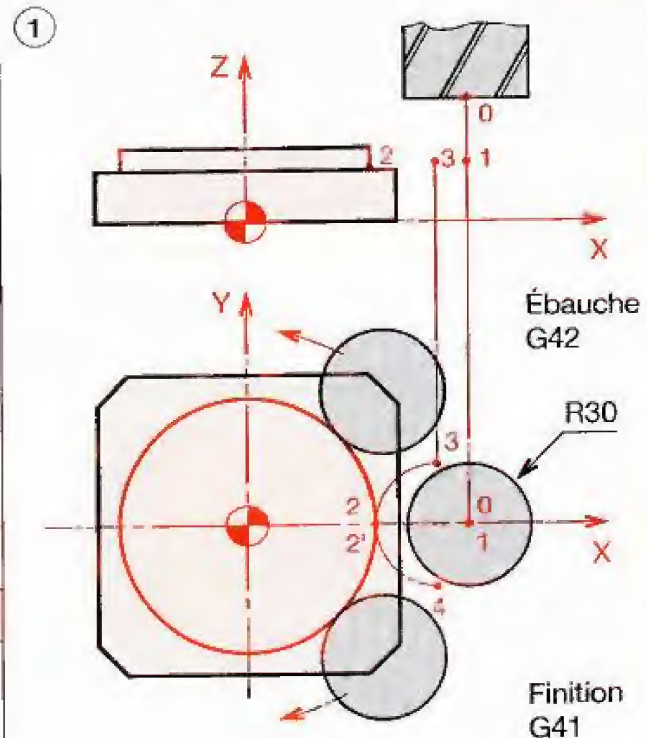
1° le profil extérieur Ø 100 (fig. 1),

2° la poche Ø 30 (fig. 2),

3° les trois rainures 14 H8 à 120° (fig. 3),

4° les trois trous Ø 8 à 120° (fig. 4).

## PROGRAMMATION DU CERCLE



% 10 \$ Cercle

N10 G0 G40 M5 G52 Z

N20 G52 X Y

N30 T1 D1 M6 (F Ø 40 Eb)

N40 S300 M40 M3

N50 X82 Y0 Z24 (0)

N60 Z12 (1)

N70 G1 G42 X50 F120 (2)

N80 G3 X50 Y0 I0 J0 (2)

N90 G2 X80 Y30 R30 (3)

N100 G77 N10 N20

N110 T2 D2 M6 (F Ø 40 finition)

N120 G77 N40 N60

N130 G1 G41 X80 Y30 F120 (3)

N140 G3 X50 Y0 R30 (2)

N150 G2 X50 Y0 I0 J0 (2)

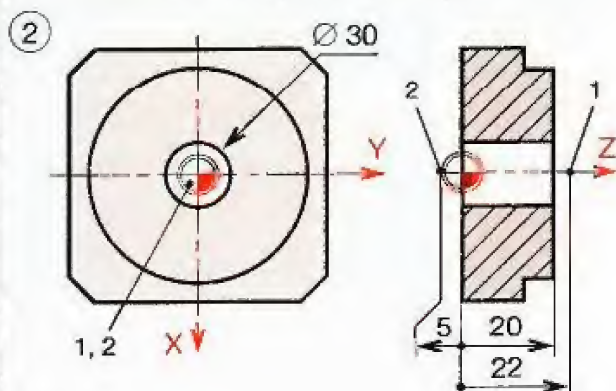
N160 G3 X80 Y-30 R30 (4)

N170 G77 N10 N20

N180 (fin de l'usinage)

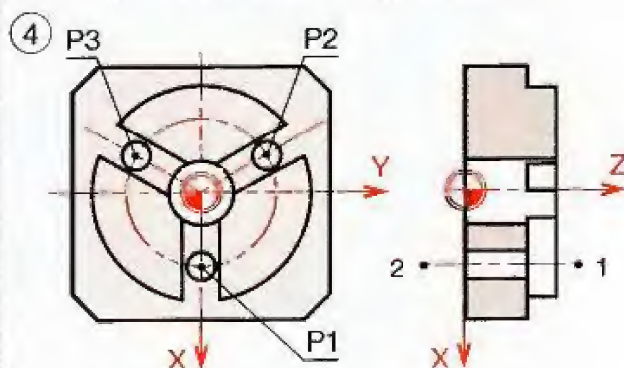


## PROGRAMMATION DE LA POCHE



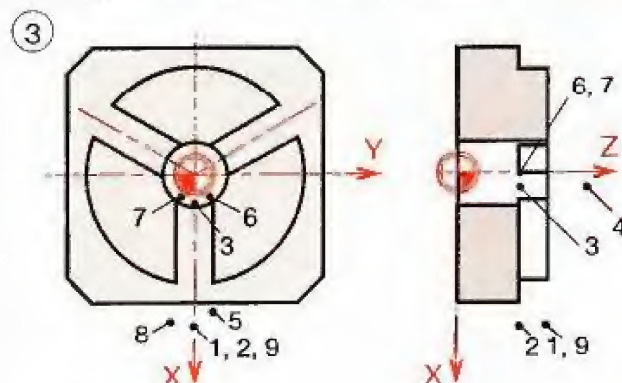
% 20 \$ Poche  
 N10 G0 G80 G40 G52 Z M5  
 N20 G52 X Y  
 N30 T7 D7 M6 (foret Ø 14)  
 N40 S700 M40 M3  
 N50 G83 X Y Z-5 P12 ER22 F150 (1, 2)  
 N60 G77 N10 N20  
 N70 T3 D3 M6 (fr 2T Ø 12)  
 N80 S800 M40 M3  
 N90 G45 X0 Y0 Z-2 ER22 EB15 P6 Q5 J.4 EP80 EQ160 (1, 2)  
 N100 G77 N10 N20  
 N110 \$ fin de la poche

## PROGRAMMATION DES PERÇAGES



% 40 \$ Perçages  
 N10 G0 G80 G90 M5 G52 Z  
 N20 G52 X Y  
 N30 T8 D8 M6 (foret Ø 8)  
 N40 S1200 M40 M3  
 N50 G79 N80  
 N60 G90 G83 X30 Y0 Z-5 ER22 P15 F180 (1, 2)  
 N70 G80 G91 ED120 (décalage angulaire)  
 N80 G77 N60 N70 S3  
 N90 G90 ED0 (fin de décalage angulaire)  
 N100 G77 N10 N20  
 N110 (fin de perçage)

## PROGRAMMATION DES RAINURES



% 30 \$ Rainures  
 N10 G0 G80 G40 M5 G52 Z  
 N20 G52 X Y  
 N30 T4 D4 M6 (F Ø 12 Eb)  
 N40 S800 M40 M3  
 N59 G79 N110  
 N60 G0 G90 X68 Y0 Z22 (1)  
 N70 Z12 (2)  
 N80 G1 X5 F160 (3)  
 N90 G0 Z22 (4)  
 N100 G91 ED120 (décalage angulaire)  
 N110 G77 N60 N100 S3  
 N120 G90 ED0 (fin de décalage angulaire)  
 N130 G77 N10 N20  
 N140 T5 D5 M6 (F Ø 12 fin)  
 N150 S800 M40 M3  
 N160 G79 N250  
 N170 G0 G90 X68 Y0 Z22 (1)  
 N180 Z12 (2)  
 N190 G1 G41 Y7 F160 (5)  
 N200 X0 (6)  
 N210 Y-7 (7)  
 N220 X74 (8)  
 N230 Z32 (9)  
 N240 G91 ED120  
 N250 G77 N170 N240 S3  
 N260 G90 ED0  
 N270 G77 N10 N20  
 N280 (fin rainures)







## ÉLÉMENT TANGENT ET

L'élément géométrique **ET** rend tangent deux éléments, droite et cercle ou cercle et cercle. Le bloc dans lequel est programmé cette fonction et le bloc suivant sont tangents (fig. 4).

**ET** est obligatoire lorsque c'est la seule fonction du bloc qui caractérise l'élément géométrique.

## ÉLÉMENT DISCRIMINANT E+, E-

Lorsque la programmation d'un bloc, ou d'un ensemble de blocs, laisse le choix entre deux solutions possibles, le discriminant **E+** ou **E-** permet de lever l'indétermination.

■ La programmation du discriminant peut être incluse dans les fonctions **ET** et **ES**.

**ET-** est équivalent à **ET E-**.

**ES+** est équivalent à **ES E+**.

■ Le discriminant donne la position du centre par rapport à la droite orientée **D** (fig. 5).

■ Les points caractérisant les deux solutions se trouvent de part et d'autre de la droite **D** (fig. 6). **E+** définit le point à gauche de (**D**). **E-** définit le point à droite de (**D**).

■ Les points caractérisant les deux solutions se trouvent sur la droite orientée **D** (fig. 7) : **E+** définit le point le plus proche de  $+\infty$  sur **D**. **E-** définit le point le plus proche de  $-\infty$  sur **D**.

## NOTA

Le système choisit, par défaut, la solution qui comporte le plus petit arc de cercle.

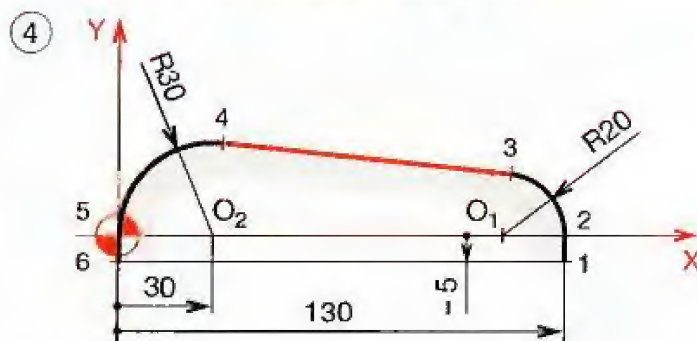
## Programme (fig. 8) NUM 750

N50 G0 X0 Z70 (1)      N80 G2 I50 K40\*\* R20 ES+ (4)  
N60 G1 X40 (2)      N90 G1 EA180 X40 Z0  
N70 EA180 ES- (3)

## Programme (fig. 9)

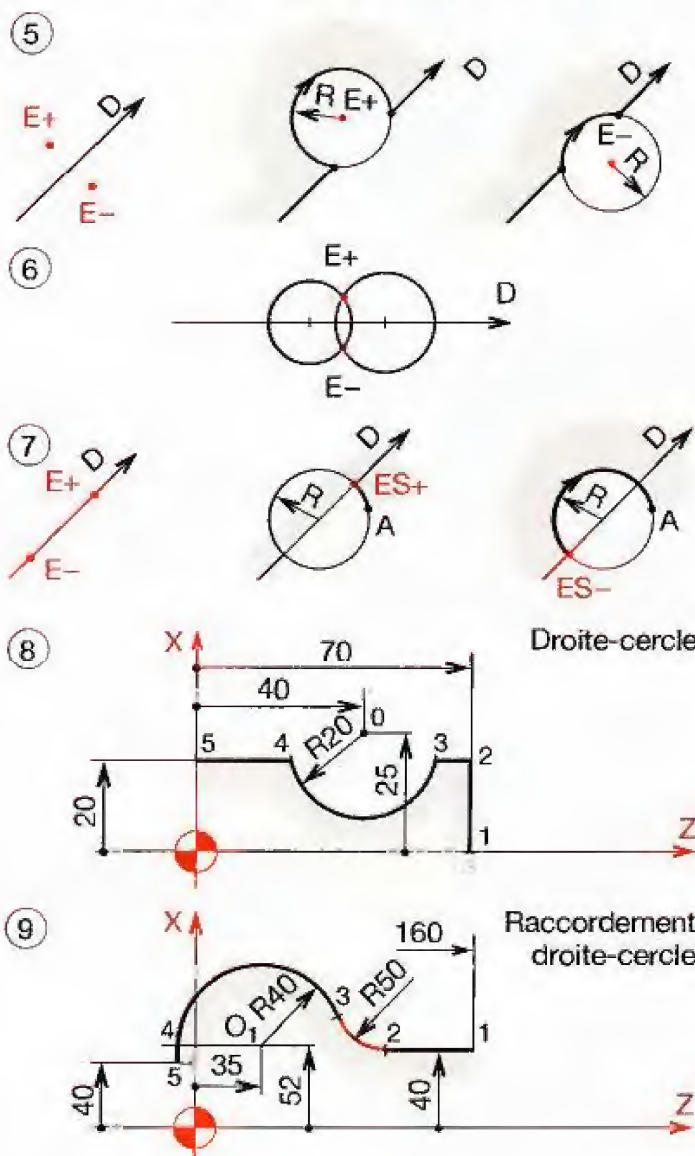
N50 G1 X80 Z160 (1)  
N60 EA+180 ES- EB50 (2, 3)  
N70 G3 I104 K35 R40 (4)  
N80 G1 X80 Z-5.

## Élément tangent ET



NUM  
N50 G1 X130 Y-5 Z0 (1)  
N60 Y0 (2)  
N70 G3 I110 J0° R20 (3)  
N80 G1 ET (4)  
N90 G3 I30 J0 X0 Y0 (5)  
N100 G1 Y-5

## Élément discriminant E+ ; E-



\* I, J : coordonnées du centre du cercle  $O_1$  par rapport au référentiel (en fraisage).

\*\* I, K : coordonnées du centre de rayon 20 par rapport au référentiel (en tournage).







## PARAMÈTRES EXTERNES 69.3

Ils sont définis par la fonction E suivie de 5 chiffres, la décade des dizaines de milliers précise le type de paramètre. Il existe 9 types de paramètres externes. Les utilisations sont très diverses. L'automate assure l'initialisation des paramètres de type 1, 2, 3 et 4. Les autres paramètres ne sont jamais remis à 0. La valeur d'un paramètre E est toujours une valeur entière.

**EXEMPLE :** E60 000 = - 120 854 (Préf X).

Son affectation à une adresse réalise la concordance entre l'unité du paramètre E et l'unité décimale de la fonction correspondante.

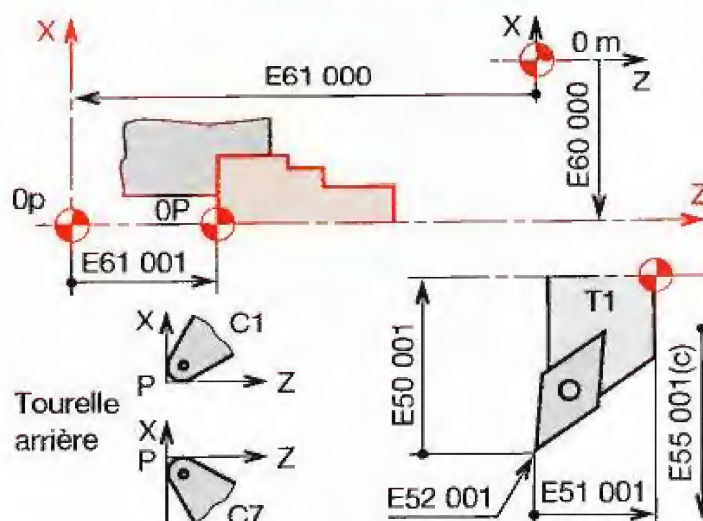
**EXEMPLE :** Si E80 000 = 22 000

XE80 000  $\Rightarrow$  X22 000  $\Rightarrow$  X = 22 mm,

FE80 000  $\Rightarrow$  F22 000  $\Rightarrow$  F = 22 mm/min.

**EXEMPLE :** Si L0 = 40 003, alors ELO correspond à E40 003. Les paramètres E de type 5 et 6 permettent de rentrer les Préf, DEC et JO directement dans le DCN avec le programme pièce.

## Paramètres E de type 5 et 6



%1

N1 E60 000 = - 120 854 (Préf X)

E61 000 = - 535 258 (Préf Z)

N2 E61 001 = 12 340 (Dec Z)

N3 E50 001 = 58 896 (JOX D1)

E51 001 = 20 090 (JOZ D1)

N4 E52 001 = 800 (rayon D1)

E55 001 = 1 (nez d'outil D1)

...

N90 L110 = 1 (outil D1, T1)

...

N170 T L110 D L110

Préf X = - 120,854 mm

Préf Z = - 535,258 mm

Dec Z = 12,340 mm

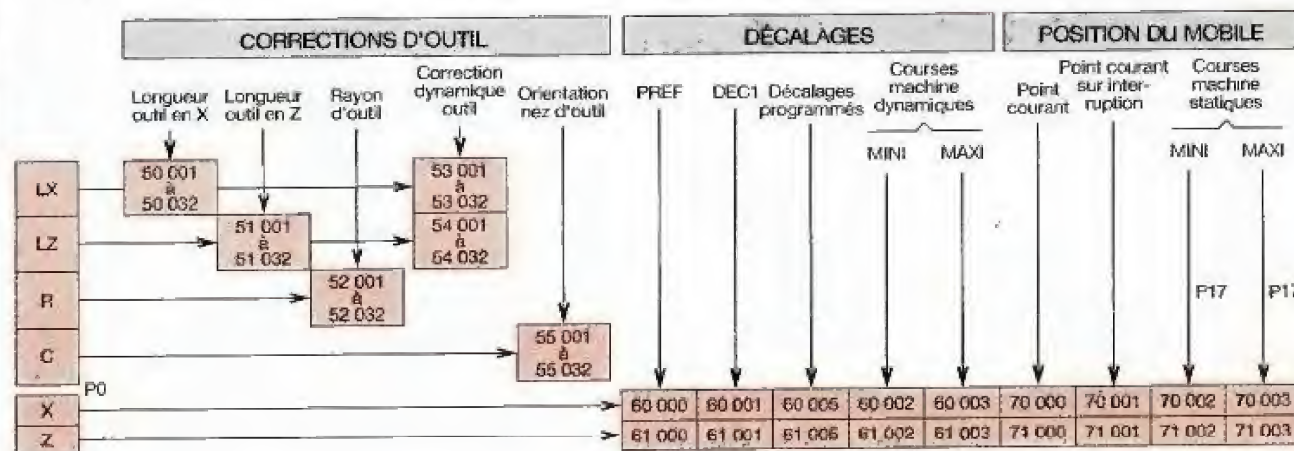
JOX D1 = 58,896 mm

JOZ = 20,090 mm

Rayon R = 0,8 mm

Nez D1 = C1

## PARAMÈTRES TYPE 5 - 6 ET 7



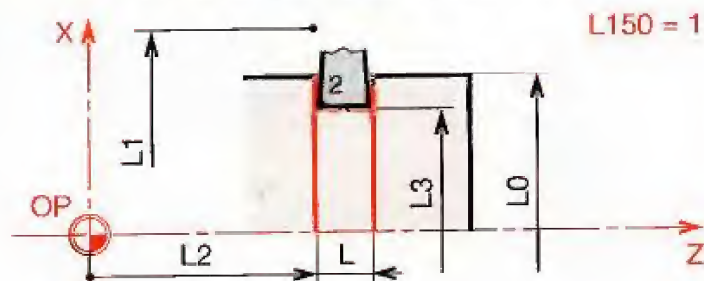
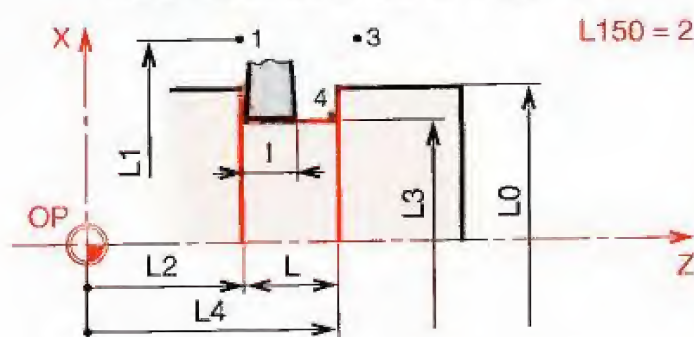
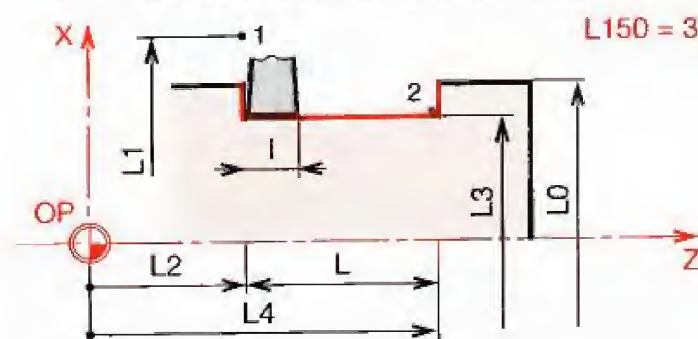
E50 000 = Numéro de correcteur d'outil courant  
 E51 000 = Direction d'outil  
 E56 XXX = Gestion d'usure d'outils  
 E73 000 = Position courante de la broche en millième de degré  
 E73 001 = Référence broche  
 E73 002 = Coefficient de modulation de vitesse  
 E7x 003 = Programmation du temps minimum d'exécution d'un bloc  
 E7X 004 = Direction du déplacement  
 E7X 005 = Affectation d'axe

Tient compte  
des jauges d'outil  
(longueur et rayon)

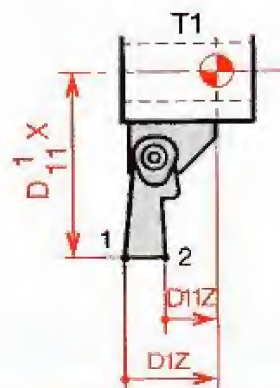
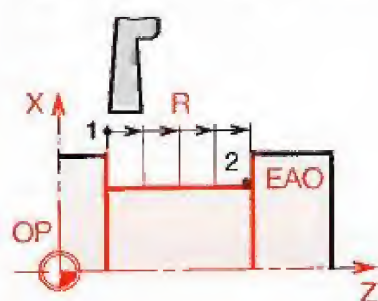
Ne tient pas compte  
des longueurs  
et rayon d'outil

Sur interruption hardware seulement  
à la mise sous tension = 0



Paramètres de la gorge  $L = 1$ Paramètres de la gorge  $1 < L < 2L$ Paramètres de la gorge  $L > 2L$ 

## Cycle de défonçage G66



## Cycle G66

Dn : correcteur X1, Z1  
 Dm : correcteur X2, Z2  
 R : reprise de passe  
 EA : pente de fond de gorge  
 EF : temporisation

Cette programmation permet la réalisation de dimensions variables dans un seul programme.  
 Exemple : usiner des gorges de largeurs et de diamètres différents dans une famille de pièces.

## MOYENS

## Saut inconditionnel

G79 N... saut à la séquence désirée.

## EXEMPLE

N160 G79 N260

## Saut conditionnel

Utilisation d'une variable programme et d'une condition (>, <, =, >=, <=).

## EXEMPLE

N60 L150 = 2 (variable)

N80 G79 L150 = 2 N170 (condition).

Si L150 = 2 alors saut à la séquence N170  
 sinon enchaînement sur le bloc suivant.

% 1 \$ choix multiples

N10 G0 G80 G40 G95 M5 M9

N20 G92 S3500

N30 G52 X-5 Z-100

N40 L0 = L2 = L3 = L4 =

N50 L1 = L0 + 2

N60 L150 = (1 à 3) (Choix)

N70 G79 L150 = 1 N100 Fig. 1

N80 G79 L150 = 2 N170 Fig. 2

N90 G79 L150 = 3 N230 Fig. 3

N100 T1 D1 M6

N110 S800 M40 M4

N120 G XL1 ZL2 (1)

N130 G96 S200

N140 G01 XL3 F.1 G04 F1 (2)

N150 XL1 F.4 (1)

N160 G79 N250

N170 G77 N100 N150 (12)

N180 D11

N190 ZL4 (3)

N200 XL3 F.1 G04 F1 (4)

N210 XL1 F.4 (3)

N220 G79 N250

N230 G77 N100 N130 (1)

N240 G66 D11 XL3 ZL4 R2 EA0 EF1 (2)

N250 G77 N10 N30

N260 M02



## Famille de pièces

C'est un groupement de pièces ayant des similitudes de forme, de dimension ou de cheminement. Ce groupement est effectué à partir d'une codification\*. Il comporte les étapes suivantes :

- Étude de la morphologie et des dimensions de la pièce.
- Classement des pièces à partir de critères de forme, de dimensions, de matières, de traitements...

## MÉTHODE 71.1

1. Classer la pièce à réaliser dans la famille de pièces correspondante (ex. 1 000).
2. Rechercher sur la MOCN ou sur Ordinateur le programme principal correspondant.
3. Introduire les variables.
4. Charger ou télécharger le programme.
5. Procéder au réglage de la MOCN.
6. Usiner.

## 71.11 EXEMPLE D'APPLICATION

### Programme principal

% 1 000

N10 (épaulement)

N20 L150 = (1 ou 0) (Condition)

N20 G79 L150 = 0 N90

N40 L0 = L1 = L2 = L3 =

N50 L4 = L5 = L6 = L7 = L8 =

N60 L101 = (Vc ébauche)

N70 L102 = (Vc finition)

N80 G77 H1 (S/P épaulement)\*\*

N90 (gorge)

N100 L150 = (1 ou 0) (Condition)

N110 G79 L150 = 0 N150

N120 L9 = L10 = L11 = L12 =

N130 L103 = (Vc) L19 = (R)

N140 G77 H2 (S/P gorge)\*\*

N150 (filetage)

N160 L150 = (1 OU 0) (Condition)

N170 G79 L150 = 0 N220

N180 L9 = L0 = L13 = L14 =

N190 L15 = (K) L16 = (P) L17 = (S)

N200 L18 = (Q) L104 = (Vc)

N210 G77 H3 (S/P filetage)\*\*

N220 M02

Le choix  
des opérations  
élémentaires  
se fait aux blocs

N20  
N100  
N160

Exemple :  
N100 L150 = 1  
Réalisation  
d'une gorge

N100 L150 = 0  
Pas  
de réalisation

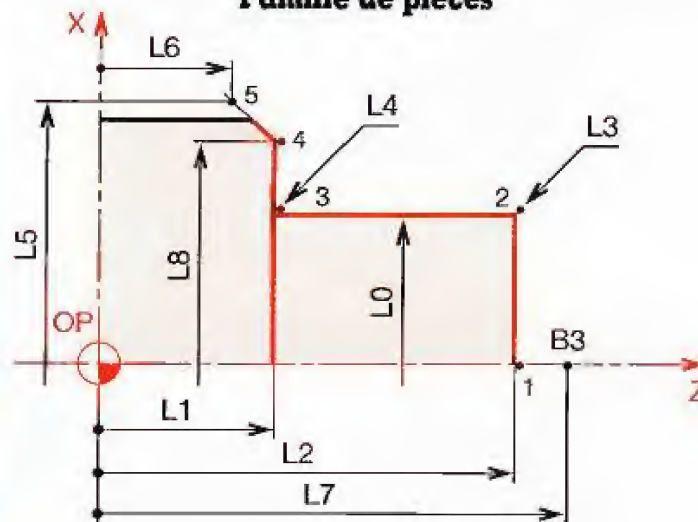
Programmer  
L11 pour gorge  
L = 1  
L11 et L12 pour  
gorge L > 1

Figure 1

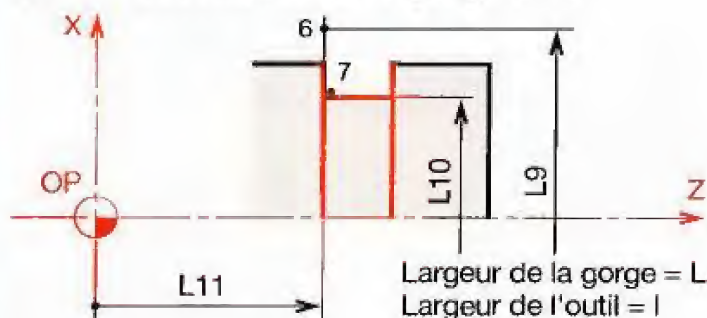
Figures 2 et 3

Figures 2 et 3

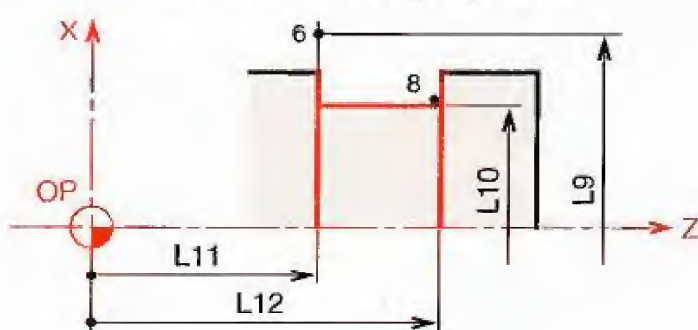
### 1 Paramètres de l'épaulement Famille de pièces



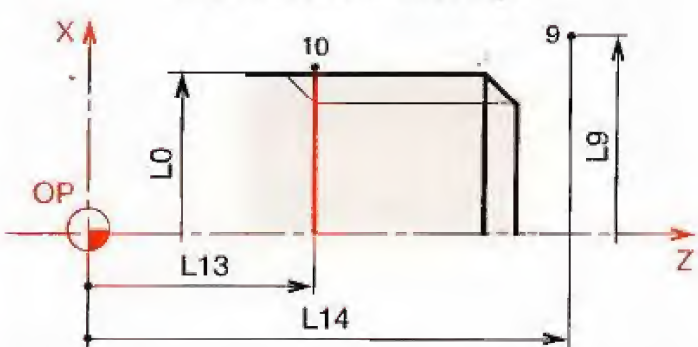
### 2 Paramètres de la gorge L = 1



### 3 Paramètres de la gorge L > 1



### 4 Paramètres du filetage

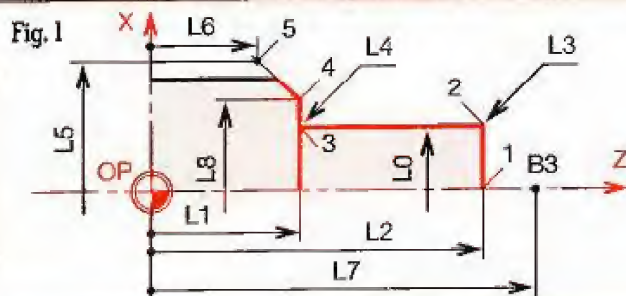


\* Voir codification chapitre 88. \*\* S/P : sous-programme.

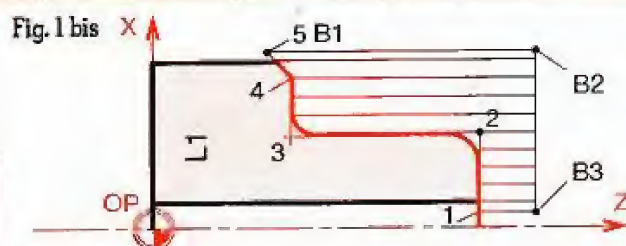


## 71.12 SOUS-PROGRAMMES D'USINAGE

## Paramètres épaulement



## Cycle d'ébauche paroxiaxial



## NUM

% 1 \$ épaulement

Fig. 1

N10 G G90 G95 G80 G40 M5 M9

N20 G92 S3500

N30 G52 X-5 Z-150

N40 G79 N100

N50 G1 X0 ZL2 (1)

N60 XL0 EBL3

N70 ZL1 EBL4 (3)

N80 XL8 (4)

N90 XL5 ZL6 (5)

N100 T1 D1 M6 (outil ébauche)

N110 G97 S800 M40 M4 M7

N120 XL5 ZL7 (approche B2)

N130 G96 S L101

N140 G64 N90 N50 P2 L4 K.15 F.4

N150 XL5 ZL6 (B1)

N160 ZL7 (B2)

N170 X0 (B3)

N180 G77 N10 N30 (retour origines)

N190 T2 D2 M6 (outil finition)

N200 G97 S800 M40 M4 M7

N210 G42 X0 ZL7 (approche B3)

N240 G96 S L102

N250 G77 N50 N90 F.1

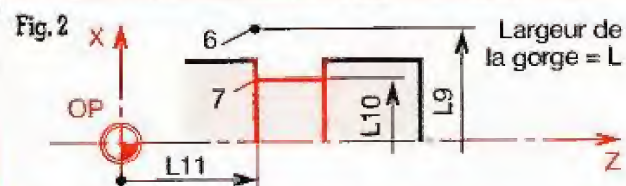
N260 G77 N10 N30

N270 \$ fin épaulement

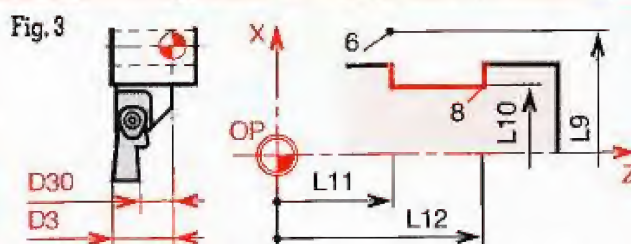
Profil fini

Profil brut

## Paramètres gorge L = 1



## Paramètres gorge L &gt; 1



Largeur de l'outil = l

Largeur de la gorge = L

## Programmation à choix multiples

% 2 \$ gorges

N10 G0 G80 G95 M5 M9

N20 G92 S3500

N30 G52 X-5 Z-100

N40 G79 L12&gt;L11 N120

N50 T3 D3 M6

N60 S800 M40 M4 M7

N70 XL9 ZL11 (6)

N80 G96 SL103

N90 G1 XL10 F.1 (7)

N100 XL9 F.5 (6)

N110 G79 N140

N120 G77 N50 N80

N130 G66 D30 XL10 ZL12 F.1 RL19 EF1 (8)

N140 G77 N10 N20

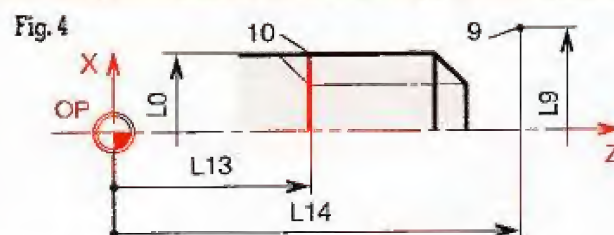
N150 \$ fin gorge

Fig. 3

Fig. 2

Si L12 &gt; L11 alors N120

## Paramètres filetage



% 3 \$ filetage

N10 G0 G80 G95 M5 M9

N20 G52 X-5 Z-100

N30 L105\*\* = L104\*1000/3.14/1.0

N40 T3 D3 M6

N50 SL104 M40 M3 M7

N60 XL9 ZL14 (9)

N70 G33 XL0 ZL13 KL15 PL16 SL17 QL18 EB30 (10)

N80 G77 N10 N20

N90 M01 (contrôle du filetage)

\*/N100 G77 N50 N60

/N110 G33 XL0 ZL13 KL15 PL16 S1 QL18 EB30

/N120 G77 N10 N20

N130 \$ fin filetage

Correction dynamique  
et retouche  
si nécessaire

\* Saut de bloc "1" validé sur le pupitre.

\*\* Fréquence de rotation =  $S = V_c \times 1000/\pi \cdot d$



## PIÈCES SEMBLABLES 71.2

Dans les familles de pièces de forme semblable mais de dimensions différentes, il est plus rapide d'écrire un seul programme dans lequel les valeurs numériques sont remplacées par des paramètres.

**EXEMPLE :** Soit la famille de deux pièces P1 et P2.

### 71.21 STRUCTURATION PAR NIVEAUX

**Niveau 0** Programme principal (% 1 et % 2)

- Paramètres affectés (variables L).
- Appel sous-programme niveau 1.
- M02 fin de programme.

**Niveau 1** Sous-programme d'usinage (% 100)

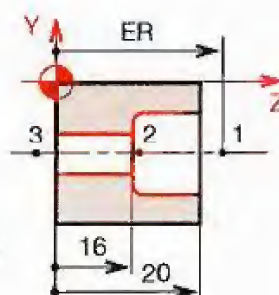
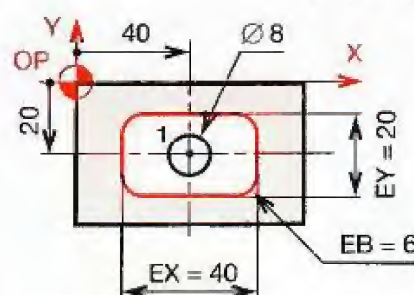
- Paramètres calculés.
- Appel d'outils.
- Conditions technologiques.
- Cycle d'usinages.

(Ne jamais mettre de M02 dans un S/P.)

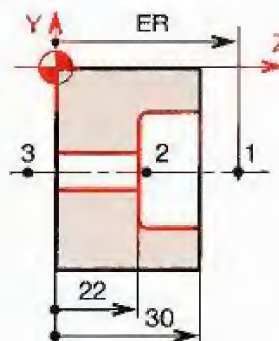
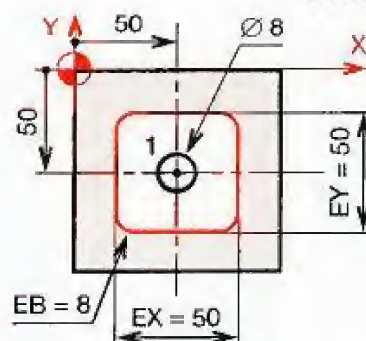
### 71.22 EXEMPLE D'APPLICATION

Programmation structurée des pièces 1 et 2.

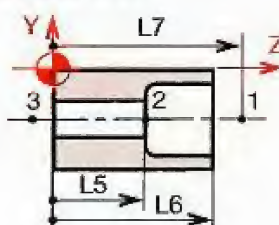
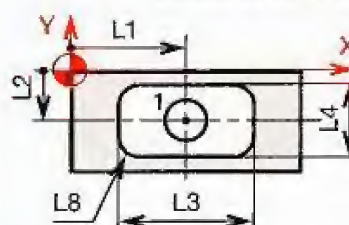
**Pièce 1**



**Pièce 2**



**Affectation des paramètres**



**NIVEAU 0**

% 1 (Pièce 1)

N1 L1 = 40  
N2 L2 = 20  
N3 L3 = 8  
N4 L4 = 6  
N5 L5 = 16  
N6 L6 = 20  
N7 L8 = 8

Affectation  
des  
paramètres

N9 G77 H100  
N10 M02

% 2 (Pièce 2)

N1 L1 = 50  
N2 L2 = 50  
N3 L3 = 8  
N4 L4 = 8  
N5 L5 = 22  
N6 L6 = 30  
N7 L8 = 8

Affectation  
des  
paramètres

N8 G77 H100  
N10 M02

**NIVEAU 1**

% 100 (S/P d'usinage)

N10 G0 G80 G40 G52 Z0 M5 M9

N20 G52 X0 Y0

N30 L7 = L6 + 2 (ER - Paramètre calculé)

N40 T1 D1 M6 (foret Ø 8 coupe alu)

N50 S3800 M40 M3 M7

N60 G83 X1 Y1 Z-7 P10 ER L7 F360

N70 G77 N10 N20

N80 T2 D2 M6

N90 S3500 M40 M3 M7

N100 G45 X1 Y1 Z1.5 ER L7 EXL3 EYL4 EBL8 P4 Q51.4 J4 EP150 EQ300

N110 G77 N10 N20

N120 (fin d'usinage)



PRINCIPAUX ÉCARTS EN MICROMÈTRES\*

Alésages	Jusqu'à 3 inclus	3 à 6 inclus	6 à 10	10 à 18	18 à 30	30 à 50	50 à 80	80 à 120	120 à 180	180 à 250	250 à 315
D10	+ 60 + 20	+ 78 + 30	+ 98 + 40	+ 120 + 50	+ 149 + 65	+ 180 + 80	+ 220 + 100	+ 260 + 120	+ 305 + 145	+ 355 + 170	+ 400 + 190
F7	+ 16 + 6	+ 22 + 10	+ 28 + 13	+ 34 + 16	+ 41 + 20	+ 50 + 25	+ 60 + 30	+ 71 + 36	+ 83 + 43	+ 96 + 50	+ 108 + 56
G6	+ 8 + 2	+ 12 + 4	+ 14 + 5	+ 17 + 6	+ 20 + 7	+ 25 + 9	+ 29 + 10	+ 34 + 12	+ 39 + 14	+ 44 + 15	+ 49 + 17
H6	+ 6 0	+ 8 0	+ 9 0	+ 11 0	+ 13 0	+ 16 0	+ 19 0	+ 22 0	+ 25 0	+ 29 0	+ 32 0
H7	+ 10 0	+ 12 0	+ 15 0	+ 18 0	+ 21 0	+ 25 0	+ 30 0	+ 35 0	+ 40 0	+ 46 0	+ 52 0
H8	+ 14 0	+ 18 0	+ 22 0	+ 27 0	+ 33 0	+ 39 0	+ 46 0	+ 54 0	+ 63 0	+ 72 0	+ 81 0
H9	+ 25 0	+ 30 0	+ 36 0	+ 43 0	+ 52 0	+ 62 0	+ 74 0	+ 87 0	+ 100 0	+ 115 0	+ 130 0
H11	+ 60 0	+ 75 0	+ 90 0	+ 110 0	+ 130 0	+ 160 0	+ 190 0	+ 210 0	+ 250 0	+ 290 0	+ 320 0
H12	+ 100 0	+ 120 0	+ 150 0	+ 180 0	+ 210 0	+ 250 0	+ 300 0	+ 350 0	+ 400 0	+ 460 0	+ 520 0
H13	+ 140 0	+ 180 0	+ 220 0	+ 270 0	+ 330 0	+ 390 0	+ 460 0	+ 540 0	+ 630 0	+ 720 0	+ 810 0
J7	+ 4 - 6	+ 6 - 6	+ 8 - 7	+ 10 - 8	+ 12 - 9	+ 14 - 11	+ 18 - 12	+ 22 - 13	+ 26 - 14	+ 30 - 16	+ 36 - 16
Js5	± 2	± 2,5	± 3	± 4	± 4,5	± 5,5	± 6,5	± 7,5	± 9	± 10	± 11,5
Js6	± 3	± 4	± 4,5	± 5,5	± 6,5	± 8	± 9,5	± 11	± 12,5	± 14,5	± 16
Js9	± 12	± 15	± 18	± 21	± 26	± 31	± 37	± 43	± 50	± 57,5	± 65
Js11	± 30	± 37	± 45	± 55	± 65	± 80	± 95	± 110	± 125	± 145	± 160
Js13	± 70	± 90	± 110	± 135	± 165	± 195	± 230	± 270	± 315	± 360	± 405
K6	0 - 6	+ 2 - 6	+ 2 - 7	+ 2 - 9	+ 2 - 11	+ 3 - 13	+ 4 - 15	+ 4 - 18	+ 4 - 21	+ 5 - 24	+ 5 - 27
K7	0 - 10	+ 3 - 9	+ 5 - 10	+ 6 - 12	+ 6 - 15	+ 7 - 18	+ 9 - 21	+ 10 - 25	+ 12 - 28	+ 13 - 33	+ 16 - 36
M7	- 2 - 12	0 - 12	0 - 15	0 - 18	0 - 21	0 - 25	0 - 30	0 - 35	0 - 40	0 - 46	0 - 52
N7	- 4 - 14	- 4 - 16	- 4 - 19	- 5 - 23	- 7 - 28	- 8 - 33	- 9 - 39	- 10 - 45	- 12 - 52	- 14 - 60	- 14 - 66
N9	- 4 - 29	0 - 30	0 - 36	0 - 43	0 - 52	0 - 62	0 - 74	0 - 87	0 - 100	0 - 115	0 - 130
P6	- 6 - 12	- 9 - 17	- 12 - 21	- 15 - 26	- 18 - 31	- 21 - 37	- 26 - 45	- 30 - 52	- 36 - 61	- 41 - 70	- 47 - 79
P7	- 6 - 16	- 8 - 20	- 9 - 24	- 11 - 29	- 14 - 35	- 17 - 42	- 21 - 51	- 24 - 59	- 28 - 68	- 33 - 79	- 36 - 88
P9	- 9 - 31	- 12 - 42	- 15 - 51	- 18 - 61	- 22 - 74	- 26 - 88	- 32 - 106	- 37 - 124	- 43 - 143	- 50 - 165	- 56 - 186

\* 1  $\mu\text{m}$  = 0,001 mm.



# 5 DIMENSIONNELLES

Arbres	Jusqu'à 3 inches	3 à 6 inclus	6 à 10	10 à 18	18 à 30	30 à 50	50 à 80	80 à 120	120 à 180	180 à 250	250 à 315
d9	- 20 - 45	- 30 - 60	- 40 - 75	- 50 - 93	- 65 - 117	- 80 142	- 100 - 174	- 120 - 207	- 145 - 245	- 170 - 285	- 190 - 320
d11	- 20 - 80	- 30 - 105	- 40 - 130	- 50 - 160	- 65 - 195	- 80 - 240	- 100 - 290	- 120 - 340	- 145 - 395	- 170 - 460	- 190 - 510
e7	- 14 - 24	- 20 - 32	- 25 - 40	- 32 - 50	- 40 - 61	- 50 - 75	- 60 - 90	- 72 - 107	- 85 - 125	- 100 - 146	- 110 - 162
e8	- 14 - 28	- 20 - 38	- 25 - 47	- 32 - 59	- 40 - 73	- 50 - 89	- 60 - 106	- 72 - 126	- 85 - 148	- 100 - 172	- 110 - 191
e9	- 14 - 39	- 20 - 50	- 25 - 61	- 32 - 75	- 40 - 92	- 50 - 112	- 60 - 134	- 72 - 159	- 85 - 185	- 100 - 215	- 110 - 240
f6	- 6 - 12	- 10 - 18	- 13 - 22	- 16 - 27	- 20 - 33	- 25 - 41	- 30 - 49	- 36 - 58	- 43 - 68	- 50 - 79	- 56 - 88
f7	- 6 - 16	- 10 - 22	- 13 - 28	- 16 - 34	- 20 - 41	- 25 - 50	- 30 - 60	- 36 - 71	- 43 - 83	- 50 - 96	- 56 - 106
f8	- 6 - 20	- 10 - 28	- 13 - 35	- 16 - 43	- 20 - 53	- 25 - 64	- 30 - 76	- 36 - 90	- 43 - 106	- 50 - 122	- 56 - 137
g5	- 2 - 6	- 4 - 9	- 5 - 11	- 6 - 14	- 7 - 16	- 9 - 20	- 10 - 23	- 12 - 27	- 14 - 32	- 15 - 35	- 17 - 40
g6	- 2 - 8	- 4 - 12	- 5 - 14	- 6 - 17	- 7 - 20	- 9 - 25	- 10 - 29	- 12 - 34	- 14 - 39	- 15 - 44	- 17 - 49
h5	0 - 4	0 - 5	0 - 6	0 - 8	0 - 9	0 - 11	0 - 13	0 - 15	0 - 18	0 - 20	0 - 23
h6	0 - 6	0 - 8	0 - 9	0 - 11	0 - 13	0 - 16	0 - 19	0 - 22	0 - 25	0 - 29	0 - 32
h7	0 - 10	0 - 12	0 - 15	0 - 18	0 - 21	0 - 25	0 - 30	0 - 35	0 - 40	0 - 46	0 - 52
h8	0 - 14	0 - 18	0 - 22	0 - 27	0 - 33	0 - 39	0 - 46	0 - 54	0 - 63	0 - 72	0 - 81
h9	0 - 25	0 - 30	0 - 36	0 - 43	0 - 52	0 - 62	0 - 74	0 - 87	0 - 100	0 - 115	0 - 130
h10	0 - 40	0 - 48	0 - 58	0 - 70	0 - 84	0 - 100	0 - 120	0 - 140	0 - 160	0 - 185	0 - 210
h11	0 - 60	0 - 75	0 - 90	0 - 110	0 - 130	0 - 160	0 - 190	0 - 220	0 - 250	0 - 290	0 - 320
h13	0 - 140	0 - 180	0 - 220	0 - 270	0 - 330	0 - 390	0 - 460	0 - 540	0 - 630	0 - 720	0 - 810
*j6	+ 4 - 2	+ 6 - 2	+ 7 - 2	+ 8 - 3	+ 9 - 4	+ 11 - 5	+ 12 - 7	+ 13 - 9	+ 14 - 11	+ 16 - 13	+ 16 - 16
k5	+ 4 0	+ 6 + 1	+ 7 + 1	+ 9 + 1	+ 11 + 2	+ 13 + 2	+ 15 + 2	+ 18 + 3	+ 21 + 3	+ 24 + 4	+ 27 + 4
k6	+ 6 0	+ 9 + 1	+ 10 + 1	+ 12 + 1	+ 15 + 2	+ 18 + 2	+ 21 + 2	+ 25 + 3	+ 28 + 3	+ 33 + 4	+ 36 + 4
m5	+ 6 + 2	+ 9 + 4	+ 12 + 6	+ 15 + 7	+ 17 + 8	+ 20 + 9	+ 24 + 11	+ 28 + 13	+ 33 + 15	+ 37 + 17	+ 43 + 20
m6	+ 8 + 2	+ 12 + 4	+ 15 + 6	+ 18 + 7	+ 21 + 8	+ 25 + 9	+ 30 + 11	+ 35 + 13	+ 40 + 15	+ 46 + 17	+ 52 + 20
n6	+ 10 + 4	+ 16 + 8	+ 19 + 10	+ 23 + 12	+ 28 + 15	+ 33 + 17	+ 39 + 20	+ 45 + 23	+ 52 + 27	+ 60 + 31	+ 66 + 34
p6	+ 12 + 6	+ 20 + 12	+ 24 + 15	+ 29 + 18	+ 35 + 22	- 42 + 26	+ 51 + 32	+ 59 + 37	+ 68 + 43	+ 79 + 50	+ 88 + 56



## 73.1 MOYENS DE MESURE CONVENTIONNELS

Une bonne vérification des pièces est fonction de nombreux paramètres, notamment :

1° l'interprétation correcte des spécifications de cotation et de tolérancement, en particulier **la distinction entre le principe de l'indépendance et l'exigence de l'enveloppe** (GPDT 17).

2° le choix judicieux des moyens de vérification en fonction de la précision exigée, du nombre de pièces, des dimensions, de la masse, du volume...

3° une déformation minimale des pièces par une mise en position et un maintien adapté.

### REMARQUES

■ On doit avoir entre l'incertitude de mesure  $i$  et la tolérance  $t$  :

$$i \leq \pm \frac{t}{8}$$

■ Si la tolérance fondamentale  $IT \leq 5$  (GPDT 15.4)  $i \leq \pm \frac{t}{4}$

### CALES ÉTALONS



### MICROMÈTRES

#### Micromètre standard



#### Micromètre à plateaux



Lecture  
au 1/1 000 mm

Nb	Épaisseurs	Nb	Épaisseurs
9	1,001 à 1,009	4	1,6 à 1,9
9	1,01 à 1,09	19	0,5 à 9,5
40	1,1 à 1,49	10	10 à 100

Capacités			
0-25	75-100	150-175	225-250
25-50	100-125	175-200	250-275
50-75	125-150	200-225	275-300

### TAMPONS LISSES DOUBLES

De 0,75  
à 150 mm



« Entre »

« N'entre pas »

### CALIBRES À MÂCHOIRES À L'OPPOSÉ

De 4  
à 100 mm

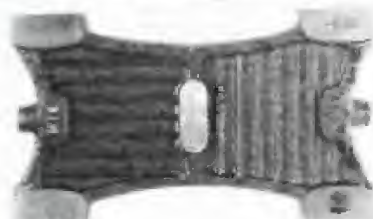


« Entre »

« N'entre pas »

### JAUGES PLATES DOUBLES

De 4  
à 130 mm



« Entre »

« N'entre pas »

### CALIBRES À MÂCHOIRES



« À l'enfilade »

### SIMPLES BAGUES LISSES



Par jeu  
de 2 bagues :

- une bague « entre »,
- une bague « n'entre pas ».

### CALIBRES À MÂCHOIRES RÉGLABLES

11 calibres  
pour cotes  
de 0 à 101,5



De 4 à 500 mm

### TAMPONS ET BAGUES FILETÉS



De 2 à 300 mm

### MICROMÈTRES DE FILETAGE



Jeu de touches amovibles  
en fonction des pas



## MICROMÈTRES D'ALÉSAGES

De 6  
à 300 mm



## COMPARATEURS MÉCANIQUES À CADRAN

### Résolution 0,01 mm

Diamètre du cadran	60
Force de mesure	1 N
Course	10 et 15

### Résolution 0,001 mm

Diamètre du cadran	57
Force de mesure	1 N
Course	1

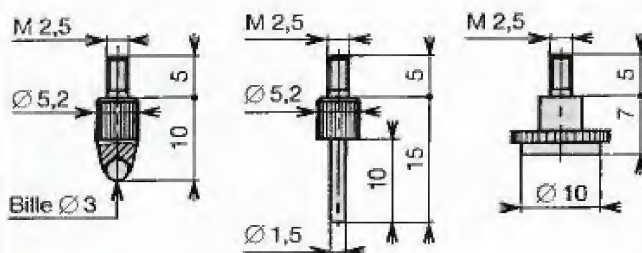
Ø 8 h6

(pour fixation)

Touche amovible



## DIFFÉRENTES FORMES DE TOUCHES



## JAUGES MICROMÉTRIQUES DE PROFONDEUR



De 6 à 300 mm - H = 80 ou 100

## COMPARATEURS À LEVIER

Résolution	Course dans chaque sens	Diamètre du cadran	Longueur du palpeur
0,01	0,8	28	12,5
0,01	0,8	38	12,5
0,01	0,5	38	36,5
0,002	0,2	28	12,5
0,002	0,2	38	12,5



## 73.2 TERMINOLOGIE\*

### Précision - Exactitude\*

C'est l'écart minimal entre la valeur mesurée et la valeur vraie de la grandeur mesurée. Dans la pratique, on dit « la précision d'un appareil de mesure » et « l'exactitude du résultat de mesure ».

### Fidélité\*

C'est la capacité d'un instrument à fournir, dans des conditions identiques, des valeurs très voisines.

### Justesse\*

C'est l'aptitude d'un instrument à donner, pour une grandeur mesurée, des valeurs proches de la valeur vraie.

### Répétabilité\*

C'est l'écart observé, lors de mesurages successifs, d'une même grandeur dans des conditions identiques.

### Sensibilité

C'est l'aptitude de l'instrument à indiquer le moindre écart entre deux cotes mesurées grâce à une amplification pour en faciliter l'observation. Plus l'amplification est grande, plus l'appareil est sensible.

\* Terminologie VIM (Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie).

## COMPARATEURS ÉLECTRONIQUES À CADRAN

### Résolution 0,01 mm

Course	10
Précision	± 0,02
Répétabilité	± 0,01
Force de mesure	1,5 N
Autonomie	≈ 7 500 h
Diamètre du cadran	Ø 60
Hauteur totale	113
Épaisseur	21,5

Fonction	Signification
Normal	Utilisation habituelle. Zéro flottant.
Stop	Protection de la cote de départ.
GO	Libère ou fige la cote affichée
Max	Figé un point haut (bosse).
Min	Figé un point bas (creux).



NOTA :

Associé à un système de M. A. O.\*\* permet un traitement statistique du mesurage :

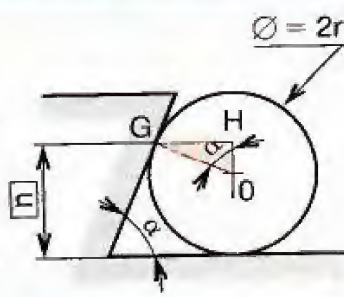
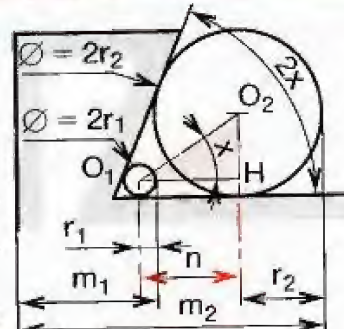
- calcul de la moyenne,
- étendue,
- écart type,
- histogramme.

\*\* M.A.O. / Mesurage assisté par ordinateur. Cl. Roch, 54303 - Lunéville.

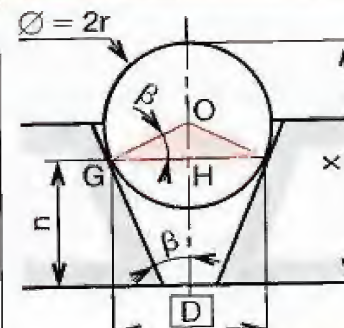


## 73.3 MESURES SUR PIGES

## SURFACES OBLIQUES

Relation entre n et r	Position d'un angle
$n = r + OH$ $OH = r \cos \alpha$ $n = r(1 + \cos \alpha)$	 $x = m + GH + r$ $GH = r \sin \alpha$ $x = m + r(1 + \sin \alpha)$
Mesure d'un angle - 1 <sup>re</sup> solution	Mesure d'un angle - 2 <sup>e</sup> solution
Piges de diamètres différents $\tan x = \frac{l_2 - r_1}{n}$ $n = (m_2 - m_1) - (r_2 - r_1)$ $\tan x = \frac{r_2 - r_1}{(m_2 - m_1) - (r_2 - r_1)}$ La table des tangentes donne x d'où 2x.	 Piges de même diamètre $\tan 2x = \frac{O_2H}{O_1H}$ $O_2H = n$ $O_1H = m_2 - m_1$ $\tan 2x = \frac{n}{m_2 - m_1}$

## SURFACES CONIQUES - POSITION D'UN DIAMÈTRE DE JAUGE

Cône contenant	Cône contenu
$x = n + HO + r$ $HO = r \sin \beta$ $x = n + r(1 + \sin \beta)$	 Relation entre n et r (voir ci-dessus relation entre n et r) $\beta = 90^\circ - \alpha \rightarrow \sin \beta = \cos \alpha$ $x = r + HG + \frac{d}{2}$ $HG = r \cos \beta$ $x = \frac{d}{2} + r(1 + \cos \beta)$ $2x = d + 2r(1 + \cos \beta)$

## FILETAGE - MÉTHODE DES 3 PIGES\*

Pas	d	m	Pas	d	m	Pas	d	m	Pas	d	m
0.25	0.144	0.054	0.7	0.404	0.152	1.75	1.010	0.371	4	2.308	0.866
0.35	0.202	0.076	0.8	0.462	0.173	2	1.154	0.433	4.5	2.577	0.974
0.4	0.231	0.087	1	0.577	0.217	2.5	1.443	0.541	5	2.885	1.062
0.45	0.260	0.097	1.25	0.721	0.271	3	1.732	0.650	5.5	3.174	1.191
0.5	0.289	0.108	1.5	0.866	0.325	3.5	2.020	0.758	6	3.462	1.299

$$d = \frac{2H}{3} = \frac{2}{3} \times 0.866 P$$

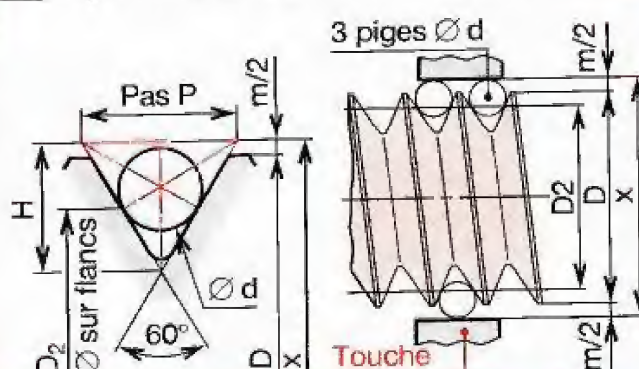
$$\frac{m^*}{2} = \frac{H}{8} \Rightarrow m = \frac{2H}{8} = \frac{2 \times 0.866 P}{8}$$

Effort de mesure : 2 à 3 newtons.

$$d = 0.577 P$$

$$m = 0.2165 P$$

$$x = D + m$$

MESURE DU DIAMÈTRE SUR FLANC D<sub>2</sub>

\* Profil métrique ISO, voir GPD 31.3.



Ce chapitre indique pour les tolérances géométriques une méthode de vérification.

Les solutions données sont indicatives et comportent de nombreuses variantes technologiques en fonction notamment de la précision exigée et du nombre de pièces à vérifier.

On effectue d'abord la vérification dimensionnelle puis la vérification géométrique.

## 74.1 RECTITUDE\*

Dessin de définition

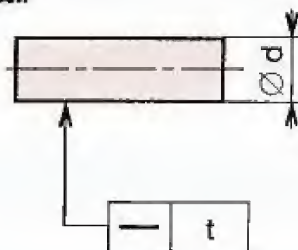


Illustration de la tolérance



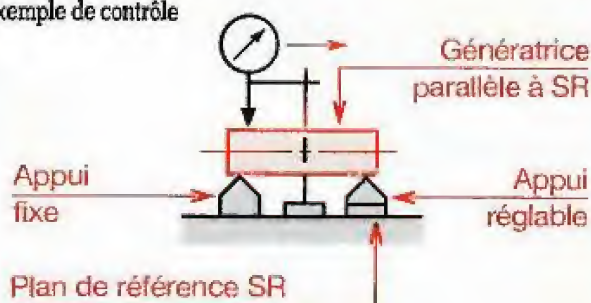
**Tolérance**

Chaque génératrice du cylindre doit rester comprise entre deux droites distantes de  $t$ .

**Contrôle**

Déplacer le comparateur le long de la génératrice.  
Écart maximal toléré :  $t$ .  
Répéter la mesure sur  $n$  génératrices (minimum 3).

Exemple de contrôle



## 74.2 PLANÉITÉ\*

Dessin de définition

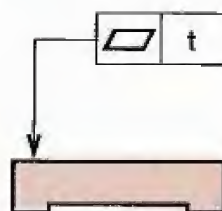


Illustration de la tolérance



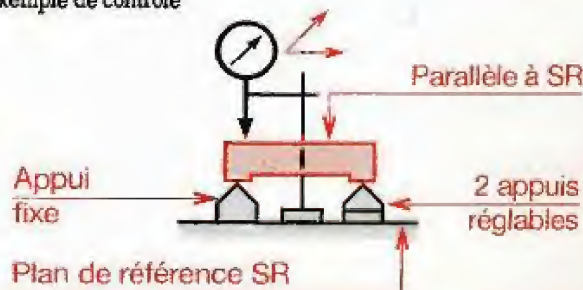
**Tolérance**

La surface doit être comprise entre deux plans distants de  $t$ .

**Contrôle**

Déplacer le comparateur sur toute la surface.  
Écart maximal toléré :  $t$ .

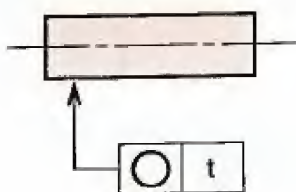
Exemple de contrôle





## 74.3 CIRCULARITÉ\*

### Dessin de définition

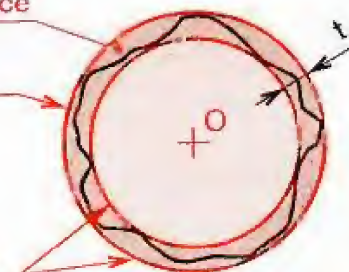


### Illustration de la tolérance

Zone de tolérance

Circonférence circonscrite

Circonférences concentriques



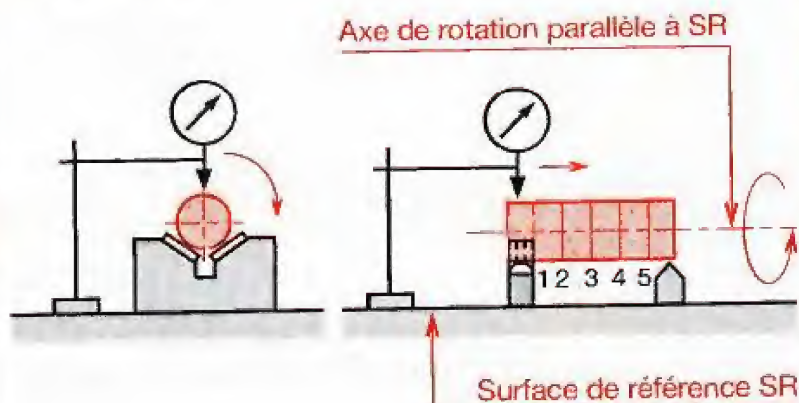
### Tolérance

Le profil de chaque section droite doit être compris entre deux circonférences concentriques dont les rayons diffèrent de  $t$ . La circonférence extérieure est la plus petite circonférence circonscrite.

### Contrôle (contrôle approché)

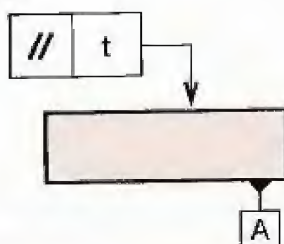
La pièce effectue une rotation complète. Écart maximal par section :  $2t$ . Afin de réduire l'influence des défauts de forme, il est conseillé d'effectuer deux fois cette mesure : l'une avec un vé à  $90^\circ$ , l'autre avec un vé à  $120^\circ$ .

### Exemple de contrôle



## 74.4 PARALLÉLISME\*\*

### Dessin de définition



### Illustration de la tolérance

Position limite possible

Zone de tolérance



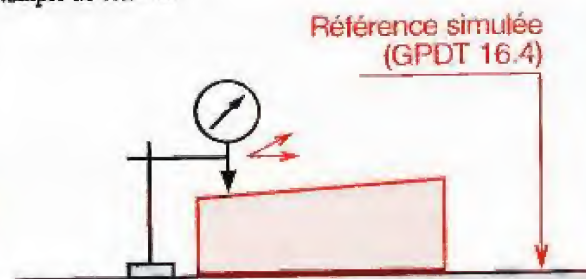
### Tolérance (fig. 1)

En prenant chaque surface, à tour de rôle, comme référence, la surface contrôlée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de  $t$  et parallèles à la surface choisie comme référence.

### Contrôle

Pour chaque contrôle, déplacer le comparateur sur toute la surface. Écart maximal toléré :  $t$ .

### Exemple de contrôle

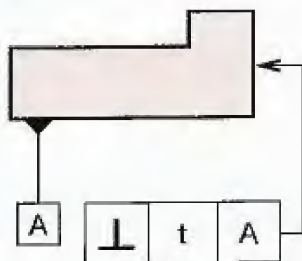


\* Voir GPDT 16.5. \*\* Voir GPDT 16.6.

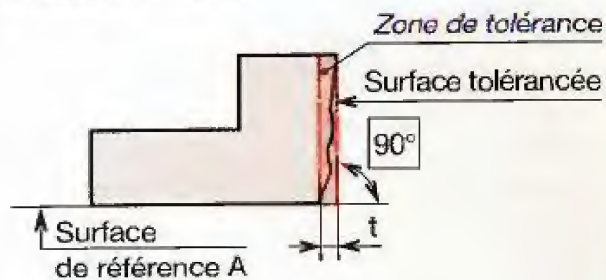


## 74.5 PERPENDICULARITÉ\*\*

### Dessin de définition



### Illustration de la tolérance



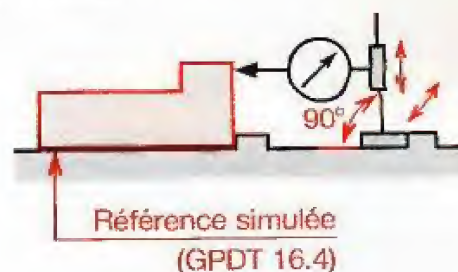
### Tolérance

La surface tolérancée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de  $t$  et perpendiculaires à la surface de référence  $A$ .

### Contrôle

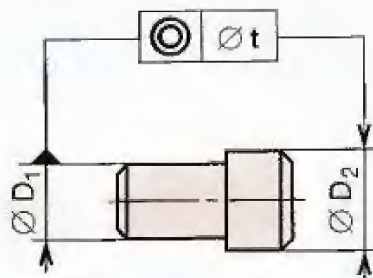
Déplacer le comparateur sur toute la surface.  
Écart maximal toléré :  $t$ .

### Exemple de contrôle

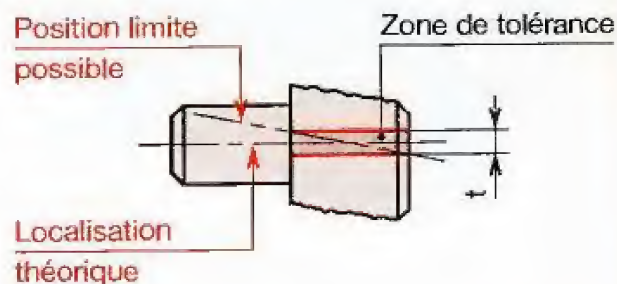


## 74.6 COAXIALITÉ\*

### Dessin de définition



### Illustration de la tolérance



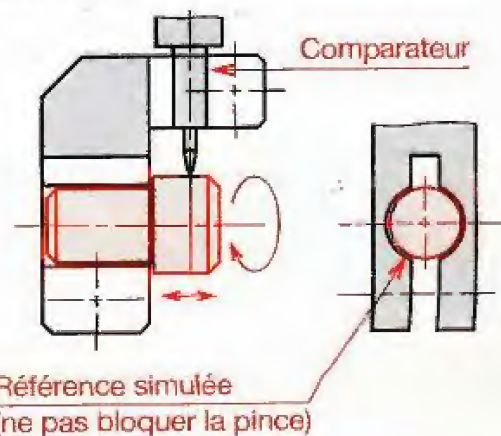
### Tolérance

L'axe du cylindre de  $\varnothing D_2$  doit être compris dans une zone cylindrique de  $\varnothing t$  coaxiale à l'axe du cylindre de référence  $D_1$ .

### Contrôle

Le centre de la section mesurée doit être dans un cercle de  $\varnothing t$  concentrique au  $\varnothing D_1$ . Répéter la mesure sur plusieurs sections.  
Écart maximal de mesure :  $t$ .

### Exemple de contrôle



\* Voir GPDT 16.7.



## 74.7 BATTEMENT\*

Dessin de définition

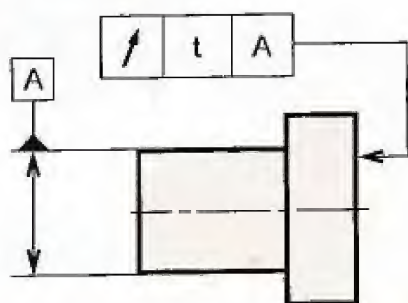


Illustration de la tolérance

Pour chaque  $\varnothing d$  du cylindre de mesure

Course admissible pour le palpeur

Axe du cylindre de référence

Ligne mesurée

0,05 Cylindre de mesure

Palpeur

Zone de tolérance cylindrique

$0 < \varnothing d \leq D$

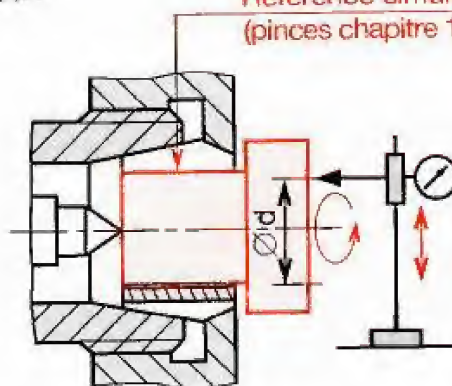
### Battement simple axial

Le battement axial de la surface tolérancée, lors d'une révolution complète de la pièce autour de l'axe du cylindre de référence **A**, ne doit pas dépasser séparément pour chaque diamètre **d** du cylindre de mesure, la valeur **t**.

Répéter la mesure sur plusieurs diamètres **d** différents.

Exemple de contrôle

Référence simulée (pinces chapitre 15)



Dessin de définition

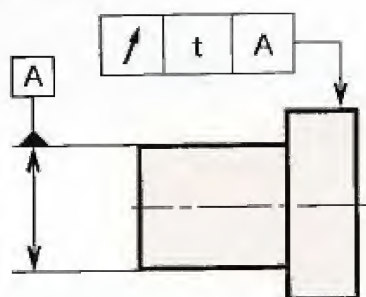


Illustration de la tolérance

Pour chaque position **l** du plan de mesure

Ligne mesurée

Zone de tolérance

Course admissible pour le palpeur

0,05 Palpeur

$0 < l \leq L$

Axe du cylindre de référence **A**

Plan de mesure

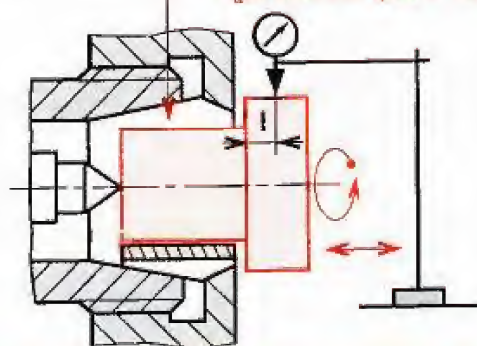
### Battement simple radial

Le battement radial de la surface tolérancée, lors d'une révolution complète de la pièce autour de l'axe du cylindre de référence **A**, ne doit pas dépasser séparément, pour chaque position **l** du plan de mesure, la valeur **t**.

Répéter la mesure pour plusieurs longueurs **l** différentes.

Exemple de contrôle

Référence simulée (pinces chapitre 15)



\* Voir GPD 16.8.



La mesure en coordonnées permet de contrôler, par mesures successives de points, la forme, les dimensions et la position de surfaces ou de profils quelconques.

## ÉLÉMENT 75.1

C'est la partie constitutive d'une pièce quelle qu'en soit la nature (surface, ligne, point).

- **Élément géométrique** : élément idéal dont la forme et les dimensions sont définies par le dessin.
- **Élément réel** : élément qui limite la pièce et la sépare du milieu qui l'environne.
- **Élément équivalent** : élément géométrique parfait, obtenu après traitement mathématique de la position des divers points palpés.

## POINTS DE MESURE 75.2

La détermination de la forme, des dimensions et de la position d'un élément équivalent nécessite un nombre de points de mesure fonction notamment de la géométrie de l'élément, des dimensions et de la précision recherchée. À partir d'un élément réel, le tableau ci-dessous donne le nombre minimal de points de mesure.

### NOMBRE MINIMAL DE POINTS

Élément	Nombre théorique	Nombre recommandé
Droite	2	5
Cercle	3	7
Plan	3	9
Sphère	4	9
Cylindre	5	12
Cône	6	12

### Palpage

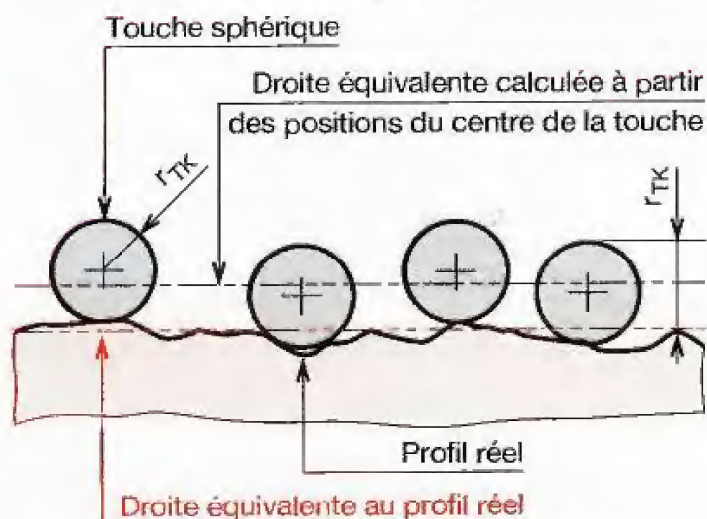


Cl. Renault

### Machine à mesurer

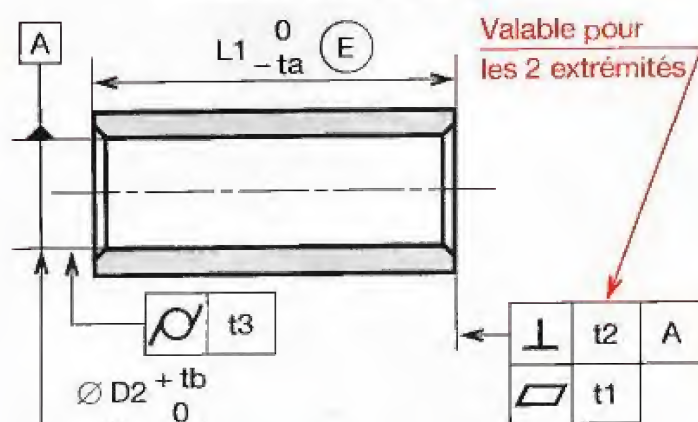


### Élément (droite)





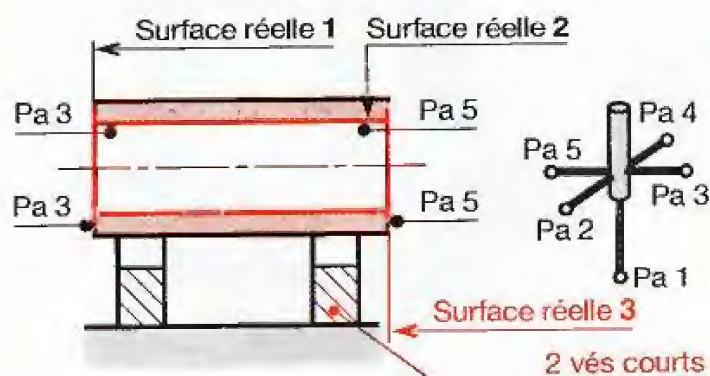
## Dessin de définition partiel



## Modèle géométrique

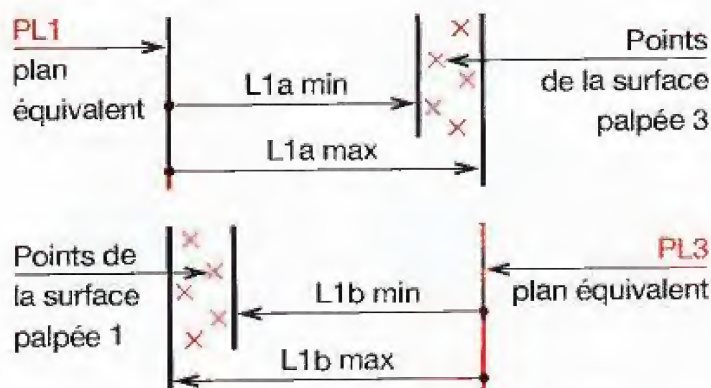


## Mise en position - Choix des palpeurs



## Interprétation des spécifications

Exemple : Longueur L1



Deux mesures sont effectuées, chaque plan équivalent étant pris alternativement comme référence.

## 75.3 MESURE SUR M.M.T.\*

Soit à mesurer les spécifications suivantes du tube ci-contre :

- Longueur :  $L1 - \begin{smallmatrix} 0 \\ -ta \end{smallmatrix}$
- Diamètre :  $D2 \begin{smallmatrix} +tb \\ 0 \end{smallmatrix}$
- Planéité : t1
- Perpendicularité : t2
- Cylindricité : t3

## 75.4 MÉTHODE

## 1° Analyser le dessin de définition

Le dessin de définition comporte notamment des spécifications dimensionnelles, de forme, de position et d'orientation qui doivent être interprétées avec rigueur.

## 2° Établir un modèle géométrique

Faire un schéma à partir des éléments à mesurer. Identifier et repérer chacun des éléments : plan 1 et 3 ; cylindre 2.

## 3° Définir la mise en position, le maintien en position et choisir les palpeurs

La mise en position et le maintien en position sont choisis de manière à ne pas gêner le passage des palpeurs.

Le choix des palpeurs est fonction de l'accessibilité des éléments. Pour un même élément, plusieurs palpeurs peuvent être utilisés.

## 4° Palper les éléments

Les palpeurs étant étalonnés, on procède au palpé des éléments (plan 1 : palpeur Pa 3 ; cylindre 2 : palpeurs Pa 3 et Pa 5, etc.).

Cette opération donne une image de chaque élément constituée par un nuage de points.

\* M. M. T. : Machine à mesurer tridimensionnelle.



## 5° Interpréter les spécifications

Les menus des logiciels ne permettent pas toujours une mesure directe des spécifications. Dans ce cas, il est nécessaire d'effectuer des constructions pour interpréter correctement les spécifications.

## 6° Réaliser les constructions

Pour cette application, la mesure de l'écart de perpendicularité nécessite la construction d'un plan perpendiculaire à CY2 :

- point PT4, intersection de CY2 avec PL1,
- plan PL6 passant par PT4 et  $\perp$  à CY2.

## 7° Choisir les menus - Vérifier les spécifications

**Planéité t1 = 0,05**

Obtenue directement lors du palpage. On peut appliquer le menu :

« Ensemble de distances Surface PL1/Plan PL1 ».

**Perpendicularité t2 = 0,05**

« Ensemble de distances Surface PL1/Plan PL6 ».

**Cylindricité t3 = 0,01**

« Ensemble de distances CY2/CY2 ».

**Diamètre D2 =  $32 \begin{smallmatrix} +0,05 \\ 0 \end{smallmatrix}$**

C'est le même menu que pour la cylindricité :

« Ensemble de distances CY2/CY2 ».

**Longueur L1 =  $142 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,1 \end{smallmatrix}$**

La détermination de la distance entre deux surfaces nécessite deux mesures, chaque surface étant alternativement prise comme plan de référence. La mesure la plus défavorable est retenue.

« Ensemble de distances Surface PL1/Plan PL3 ».

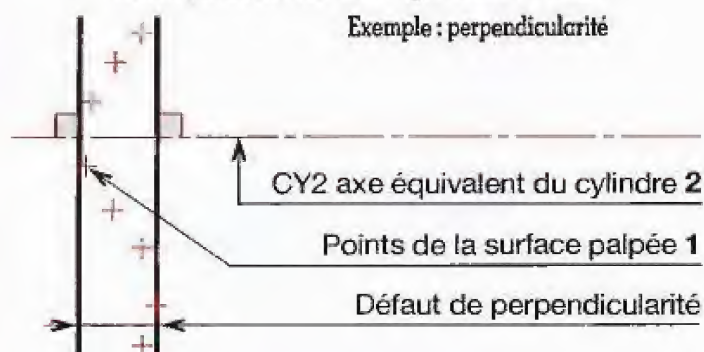
« Ensemble de distances Surface PL3/ Plan PL1 ».

\* Df : Défaut.

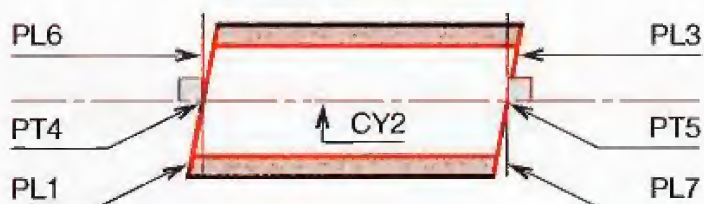
\*\* Do : diamètre de la sphère de référence.

## Interprétation des spécifications

Exemple : perpendicularité



## Réalisation des constructions



## Compte-rendu de mesure

N° op.	Opérations	N° él. Cote nom.	Nb Pt. Tol. max	Tol min	Df * Résultats	Écarts
1	Palpeur Pa5	1,965			Df = 0,010 Do = 29,369	
2	Palpeur Pa3	1,834			Df = 0,014 Do** = 29,369	
3	Plan mesuré	1	9		0,016	
4	Cylindre mesuré Diamètre	2 32,000	11 0,050	0	0,035 0,035 32,035	
5	Plan mesuré	3	7		0,04	
6	Point intersection CY2 / PL1	4			X = 98,181 Y = 57,556 Z = 13,393	
7	Point intersection CY2 / PL3	5			X = 93,254 Y = - 84,334 Z = 13,453	
8	Plan perpendiculaire PT4 / CY2	6				
9	Plan perpendiculaire PT5 / CY2	7				
10	Ensemble de distances PL1 / PL6					
	Max				0,021	
	Min				- 0,018	
	Étendue				0,039	



Procédé d'élaboration		Écart moyen arithmétique $R_a$ en micromètres										
Désignation		25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025
Alésage	Outil rapide											
	Outil carbure ou diamant											
	À l'alésoir											
Brochage												
Découpage à la presse												
Électroérosion												
Électropolissage												
Estampage												
Étirage à froid												
Forgeage												
Fraisage en bout	Outil rapide											
	Outil carbure											
Fraisage en roulant	Outil rapide											
	Outil carbure											
Galetage												
Grenailage												
Grattage												
Laminage à chaud												
Laminage à froid												
Matriçage	À chaud											
	À froid											
Meulage	À main											
	Au disque											
	Électrolytique											
Moulage	Au sable											
	Cire perdue											
	Coquille gravité											
	Coquille pression											
Moulage plastique												
Perçage												
Pierrage												
Polissage	Mécanique											
	Électrolytique											
Rectification cylindrique												
Rectification plane												
Rectification à la meule diamantée												
Rodage au rodoir												
Sablage												
Sciage												
Tournage	Outil rapide											
	Outil carbure ou diamant											



Valeurs usuelles



Valeurs exceptionnelles



## 77.1 ÉCHANTILLONS DE COMPARAISON VISO-TACTILE

Les échantillons de surface se présentent sous la forme de séries de plaquettes numérotées.

Chaque échantillon matérialise, en fonction d'un critère de rugosité  $R_a^*$  et d'un procédé d'usinage, l'état de surface obtenu.

La surface à contrôler est comparée à l'échantillon d'état de surface correspondant à la valeur  $R_a$  spécifiée et au mode d'usinage utilisé.

La comparaison peut être :

- visuelle, à l'œil nu ou à l'aide d'une loupe,
- tactile par toucher avec le bout d'un doigt ou par frottement léger avec l'extrémité d'un angle.

Plaquette d'échantillons



Cl. Chevalier - Bohan - Molina.

Fraisage en roulant  
ou de profil



Fraisage en bout  
ou de face



Tournage



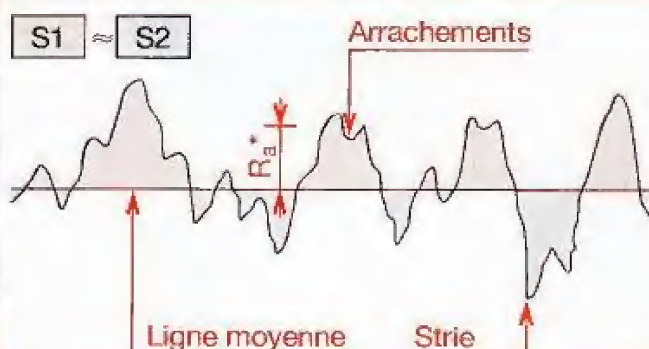
N° échantillon	18	17	16	15	14
$R_a$ en $\mu m^{**}$	12,5	6,30	3,60	1,60	0,80
N° échantillon	13	12	11	10	9
$R_a$ en $\mu m^{**}$	0,40	0,20	0,10	0,05	0,025

## 77.2 RUGOSIMÈTRE – APPAREILS À CAPTEUR ÉLECTRONIQUE

Le contrôle est fait par palpation de la surface à l'aide d'un palpeur à aiguille (comparable à la lecture d'un disque microsillons).

Le résultat de la mesure est chiffré et le profil de la surface peut être enregistré graphiquement, ce qui permet de conserver une trace écrite.

Analyse de l'enregistrement



Cl. Rank Taylor Hobson.



La dureté est la résistance que présente un solide à sa pénétration par un autre solide.

### ESSAI DE DURETÉ

L'essai consiste à appliquer une charge  $P$  à un pénétrateur en contact avec la pièce. L'empreinte est plus ou moins profonde en fonction de la dureté du matériau.

## 78.1 PRINCIPAUX ESSAIS DE DURETÉ

Essai Brinell (HB)		Essai Vickers (HV)	
Principe		Principe	
Mesure	$HB = \frac{\text{charge d'essai (daN)}}{\text{aire de l'empreinte (mm}^2\text{)}}$ $HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$	Mesure	$HV = \frac{\text{charge d'essai (daN)}}{\text{aire de l'empreinte (mm}^2\text{)}}$ $HV = \frac{P}{d^2/2 \sin(136/2)} = \frac{1,854 P}{d^2}$
Pénétrateur	Bille en acier $\varnothing 10,5$ ; 2,5 ou 1.	Pénétrateur	Pyramide en diamant.
Charge	$P = 30 D^2$ pour les aciers.	Charge	1,5; 10; 20; 30; 50; 80; 120 daN.
Domaine d'emploi	Matériaux de dureté faible et moyenne. Pièces rigides.	Domaine d'emploi	Matériaux de dureté moyenne et élevée. Pièces réfléchissantes.
Essai Rockwell B (HRB)		Essai Rockwell C (HRC)	
Principe		Principe	
Mesure	$HRB = 130 - e.$ $e = \text{déformation rémanente.}$	Mesure	$HRC = 100 - e.$ $e = \text{déformation rémanente.}$
Pénétrateur	Bille en acier $\varnothing 1,6$ .	Pénétrateur	Cône en diamant.
Charge	100 daN.	Charge	150 daN.
Domaine d'emploi	Matériaux de faible et moyenne dureté. $R_r \leq 800 \text{ MPa}^*$ .	Domaine d'emploi	Matériaux durs. $R_r > 800 \text{ MPa}^*$ .

\* 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>.



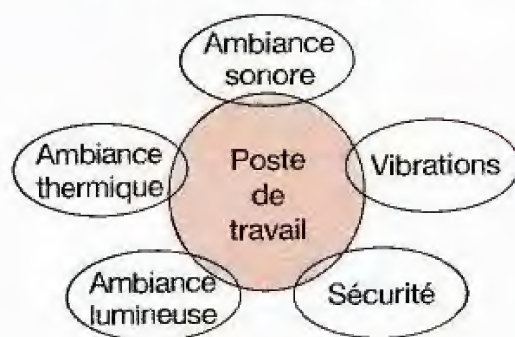
## 78.2 CONVERSION DE LA DURETÉ ET DE LA RÉSISTANCE À LA TRACTION\*

Dureté Brinell HB**	Dureté Rockwell		Dureté Vickers HV	Résistance à la traction R en MPa	Dureté Brinell HB**	Dureté Rockwell		Dureté Vickers HV	Résistance à la traction R en MPa
	HRB	HRC				HRB	HRC		
80	36,4		80	270	275		26,9	275	920
85	42,4		85	290	280		27,6	280	940
90	47,4		90	310	285		28,3	285	950
95	52		95	320	290		29	290	970
100	56,4		100	340	295		29,6	295	990
105	60		105	360	300		30,3	300	1 010
110	63,4		110	380	310		31,5	310	1 040
115	66,4		115	390	320		32,7	320	1 080
120	69,4		120	410	330		33,8	330	1 110
125	72		125	420	340		34,9	340	1 150
130	74,4		130	440	350		36	350	1 180
135	76,4		135	460	359		37	360	1 210
140	78,4		140	470	368		38	370	1 240
145	80,4		145	490	376		38,9	380	1 270
150	82,2		150	500	385		39,8	390	1 290
155	83,8		155	520	392		40,7	400	1 320
160	85,4		160	540	400		41,5	410	1 350
165	86,8		165	550	408		42,4	420	1 380
170	88,2		170	570	415		43,2	430	1 410
175	89,6		175	590	423		44	440	1 430
180	90,8		180	610	430		44,8	450	1 460
185	91,8		185	620			45,5	460	
190	93		190	640			46,3	470	
195	94		195	660			47	480	
200	95		200	670			47,7	490	
205	95,8		205	690			48,3	500	
210	96,6		210	710			49	510	
215	97,6		215	720			49,7	520	
220	98,2		220	740			50,3	530	
225	99		225	760			50,9	540	
230		19,2	230	770			51,5	550	
235		20,2	235	780			52,1	560	
240		21,2	240	800			52,8	570	
245		22,1	245	820			53,3	580	
250		23	250	830			53,8	590	
255		23,8	255	850			54,4	600	
260		24,6	260	870			54,9	610	
265		25,4	265	880			55,4	620	
270		26,2	270	900			55,9	630	

\* Conversion approximative valable pour les aciers. \*\* P = 30 D<sup>2</sup> (voir § 78.1).

EURONORM 8-55



① **Ambiances physiques**② **Ambiance sonore****SEUILS CRITIQUES**

Temps en h	Bruit en dB
8 h	85
6 h	92
3 h	97
1 h 30 min	102
0 h 30 min	110

③ **Ambiance thermique****TEMPÉRATURES RECOMMANDÉES**

Activités	Température du local en °C
Travail sédentaire	21
Travail manuel léger assis	19
Travail manuel léger debout	18
Travail pénible	17

④ **Ambiance lumineuse****ÉCLAIREMENTS RECOMMANDÉS**

Poste de travail	Éclairage en lux
Machines-outils et établis	300
Réglages machines automatisées	700
Contrôles microtechniques	3 000
Contrôles fins	1 000
Contrôles moyens	300
Montages microtechniques	1 500
Montages fins	1 000
Montages moyens	300

**79.1 ERGONOMIE**

L'ergonomie est la science de l'adaptation des conditions de travail aux possibilités humaines dans un contexte de sécurité totale.

**79.2 AMBIANCES PHYSIQUES**

Les ambiances physiques dans lesquelles sont intégrées les postes de travail doivent répondre à certaines normes pour remédier à leurs effets sur l'activité ou sur l'organisme.

■ **AMBIANCE SONORE**

Le seuil critique est défini par le bruit continu en décibels (dB) que l'on peut supporter pendant un temps à ne pas dépasser. Par exemple, 110 dB pendant 30 minutes au maximum représentent le seuil critique équivalent de bruit continu ( $N_{eq}$ ).

■ **AMBIANCE THERMIQUE**

Les températures recommandées en degrés Celcius (°C) sont fonction des activités au poste de travail. Par exemple, pour un travail manuel léger assis, la température recommandée est de 19 °C.

■ **AMBIANCE LUMINEUSE**

Pour un travail donné, le degré de confort visuel est fonction du niveau d'éclairage en lux (lx). Par exemple, pour un éclairage général de machines-outils et établis, l'éclairage recommandé est de 300 lx.

■ **VIBRATIONS**

Si un poste de travail présente des vibrations anormales, en déceler la cause et la signaler aussitôt.

■ **SÉCURITÉ**

Un bon poste de travail permet d'effectuer une activité en toute sécurité (écran protecteur, arrêt coup de poing, impossibilité de mise en marche si les dispositifs de sécurité ne sont pas en place, etc.).

Pour chaque poste de travail, une fiche doit préciser les procédures de sécurité à respecter.



## CONCEPTION 79.2 D'UN POSTE

Les éléments à prendre en compte sont :

- la posture,
- l'atteinte visuelle,
- les efforts à exercer,
- l'atteinte manuelle.

### 79.21 POSTURE

La posture est l'élément primordial ; les autres éléments matériels du poste sont à définir par rapport à elle.

La posture « assis » est à préférer à la posture « debout ».

L'alternance entre posture « assis » et posture « debout » est recommandée (moyen de pallier la fatigue musculaire statique).

La posture debout se justifie par le processus de travail :

- poste non fixe,
- poste fixe avec manipulation de charges lourdes.

### 79.22 ATTEINTE VISUELLE

Elle est définie par la direction du regard et la distance « œil-tâche visuelle ».

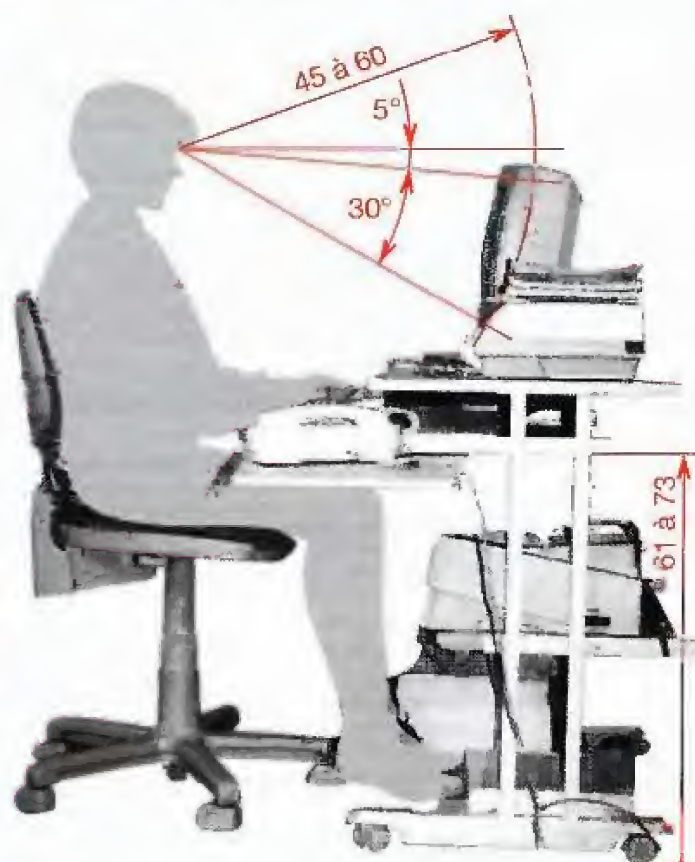
### 79.23 EFFORTS À EXERCER

Les efforts à exercer sur un poste de travail (sens et direction) ne doivent en aucun cas altérer le confort postural initialement prévu.

### 79.24 ATTEINTE MANUELLE

Toutes les opérations manuelles doivent assurer le confort au niveau des articulations et être compatibles avec les différentes mensurations des opérateurs.

## Poste de travail informatisé



Cotes en cm.

## QUALITÉ DE L'ÉCRAN ET CARACTÈRES

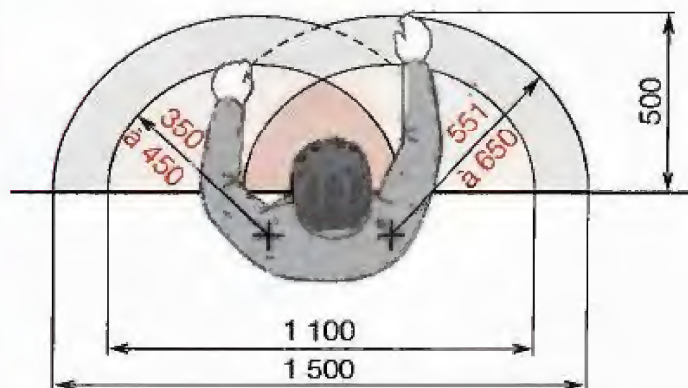
Une stabilité de réglage de la luminosité

Une vitre écran, qualité anti-reflets

Des caractères en continu

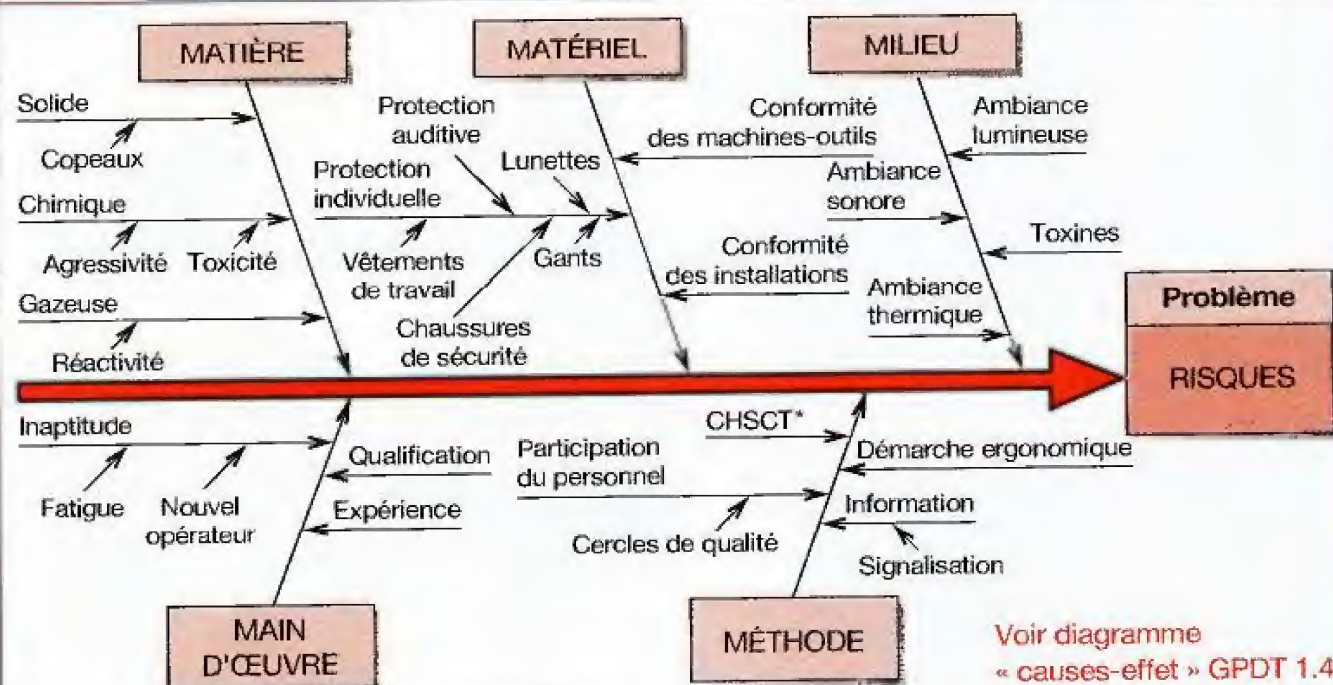
Des tailles de caractères adaptées à la distance

## Poste « assis » normal

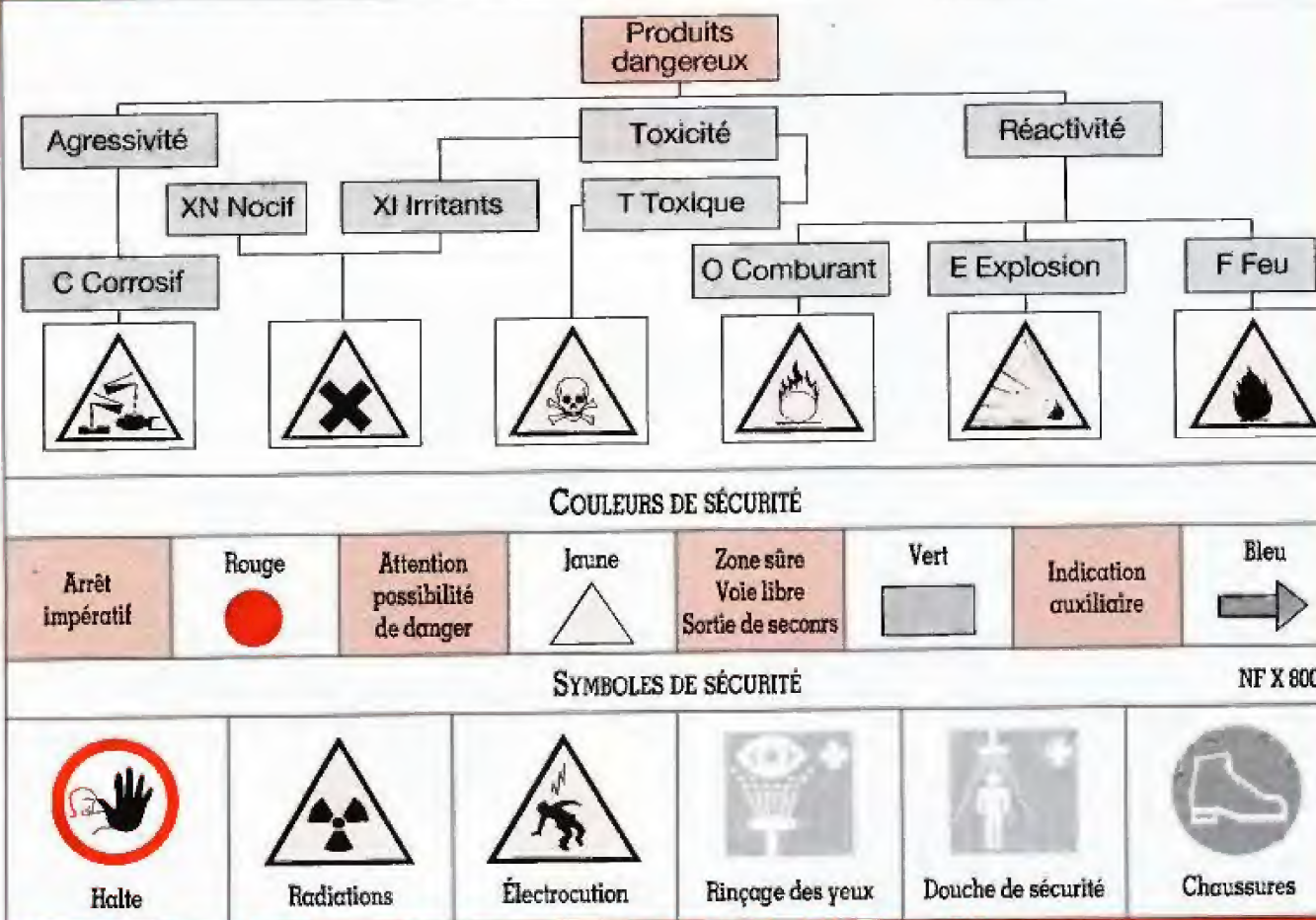




## 80.1 RISQUES PROFESSIONNELS



## 80.2 ENVIRONNEMENT DANGEREUX



\* CHST : Comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail.



## ■ MAINTENANCE

Ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé.

## ■ FIABILITÉ

Aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise dans des conditions données pendant un temps donné.

## ■ MAINTENABILITÉ

Dans des conditions données d'utilisation pour lesquelles un bien\* a été conçu, aptitude de celui-ci à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise.

## ■ DURÉE DE FONCTIONNEMENT

Durée pendant laquelle un bien accomplit effectivement la fonction qui lui a été assignée. Par exemple : le temps où une machine-outil est en marche.

## ■ DISPONIBILITÉ

Sous les aspects de sa fiabilité, de sa maintenabilité et de l'organisation de sa maintenance, aptitude d'un bien à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions de temps déterminées.

## ■ DURABILITÉ

Durée de vie ou durée de fonctionnement potentielle d'un bien pour la fonction qui lui a été assignée dans des conditions d'utilisation et de maintenance données.

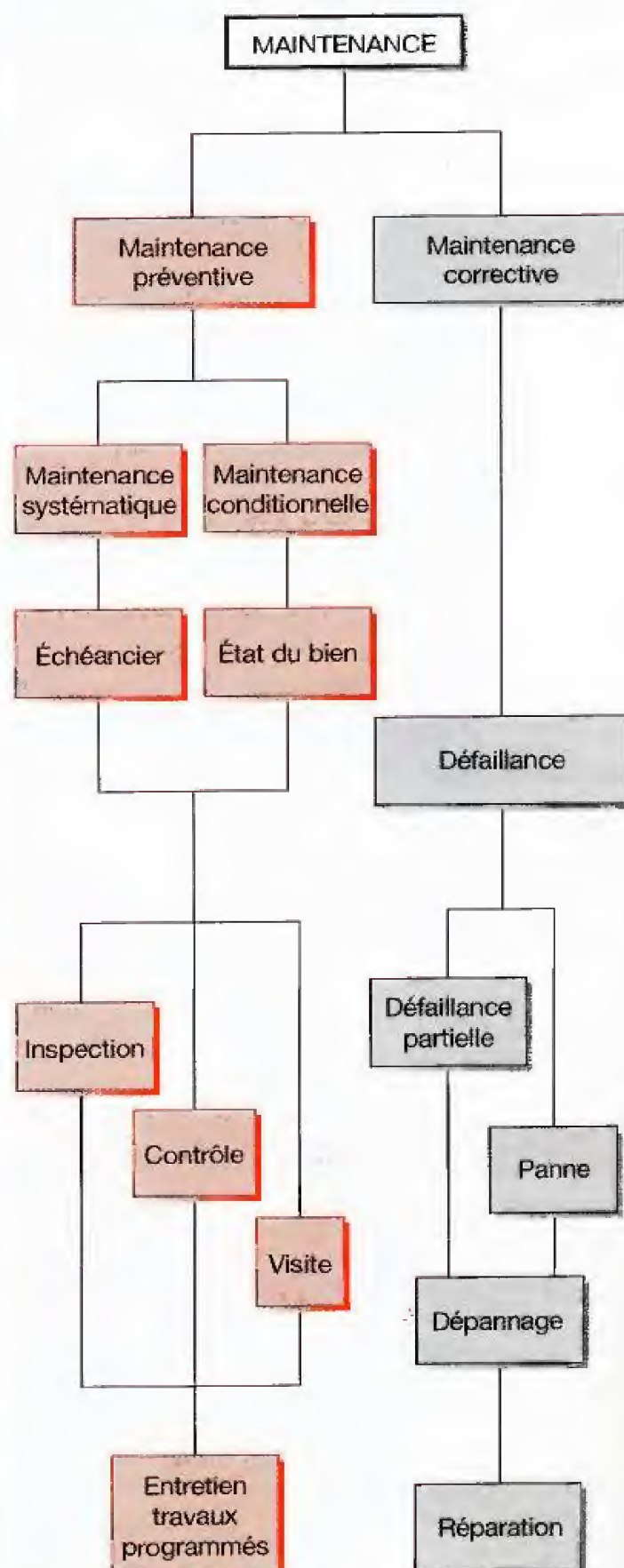
## ■ DURÉE DE VIE

Durée pendant laquelle un bien a accompli la fonction qui lui a été assignée.

Par exemple : la période qui sépare la date de la première mise en service d'une machine-outil et la date à laquelle elle a définitivement cessé d'être utilisée.

\* Par exemple une machine-outil est un bien.

## Concepts de maintenance





## Outils d'analyse

Histogramme des coûts par fonction (GPD 1.5)

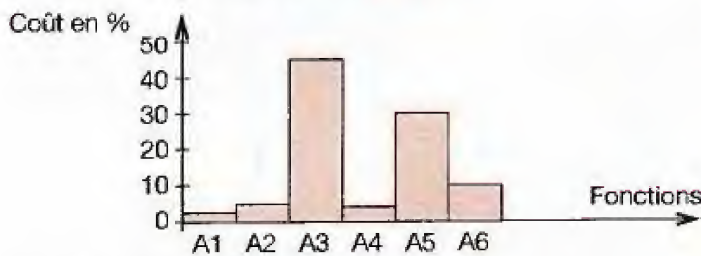


Diagramme de Pareto

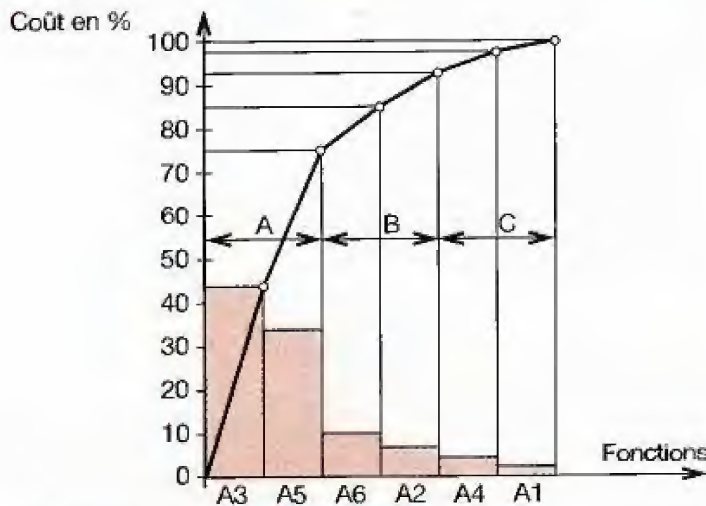
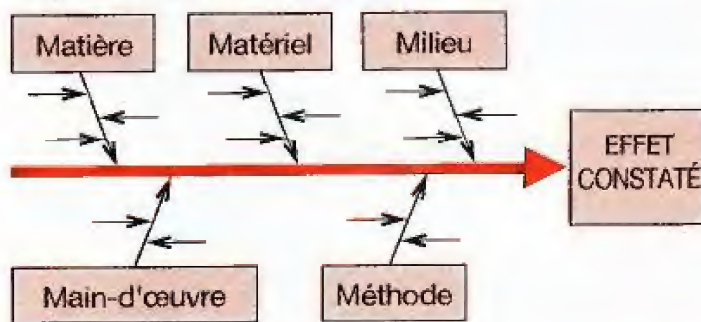


Diagramme causes-effet (§ 80.1 et GPD 1.4)



## ARBRE DE RECHERCHE DES DÉFAILLANCES

Fonction non réalisée	Éléments de la fonction	Composants et/ou conditions	Défaillances
Mauvais démarrage	Mise en rotation du moteur	Démarreur	Le démarreur ne tourne pas
		Lanceur	Le moteur n'est pas entraîné par le démarreur
Voir			

Il existe deux types de maintenance essentielles :

- la maintenance préventive,
- la maintenance corrective.

## 82.1 MAINTENANCE PRÉVENTIVE

Elle s'inscrit dans le choix d'une politique de qualité (voir chapitre 91).

La qualité est l'aptitude d'un produit ou d'un service à satisfaire les besoins des utilisateurs (X 50-109).

L'objectif de la maintenance préventive est le **zéro panne** afin d'éviter les défaillances des matériels en cours d'utilisation.

## MÉTHODE

- 1 Fichier historique.
- 2 Classement des pannes par nature.
- 3 Histogramme des coûts par fonction.
- 4 Diagramme de Pareto.
- 5 Diagramme causes-effet.
- 6 Examen critique.
- 7 Remontée des informations aux préparateurs.
- 8 Cercles de qualité.

## 82.2 MAINTENANCE CORRECTIVE

Elle s'applique quand il y a une panne.

## LES DIX ÉTAPES DU DÉPANNAGE RATIONNEL

- 1 Analyser la situation.
- 2 Parer au plus pressé.
- 3 Diagnostiquer les causes possibles.
- 4 Vérifier chaque cause possible.
- 5 Diagnostiquer les conséquences possibles.
- 6 Réparer les causes.
- 7 Remédier aux conséquences possibles.
- 8 Tester le dépannage.
- 9 Vérifier les matériels semblables.
- 10 Rédiger le rapport.



## 82.3 MAINTENANCE DU POSTE DE TRAVAIL

La maintenance du poste de travail est une action de maintenance préventive.

Elle consiste en une série d'actions prédéterminées dans l'intention de supprimer les accidents et de réduire la probabilité de défaillance d'un matériel. Les actions sont effectuées par l'opérateur tenant le poste de travail.

### 82.31 EXEMPLE DE PROCÉDURE D'AUTO-MAINTENANCE

Étape		Description	Temps prévu
1	Faire une inspection générale	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ À faire conformément au manuel d'inspection générale.</li> <li>■ Consigner* toutes les anomalies constatées.</li> </ul>	-
2	Mettre en ordre le poste de travail	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Nettoyer et ranger le poste de travail.</li> <li>■ Consigner toutes les sources de salissures et de désordre en vue de leur élimination.</li> </ul>	-
3	Vérifier le fonctionnement des sécurités	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Chek-list** à cocher.</li> <li>■ Consigner tous les dysfonctionnements constatés.</li> </ul>	-
4	Vérifier l'aptitude à l'emploi du poste de travail	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Faire un diagnostic sur le bon fonctionnement de la machine, des outillages, des matériels de contrôle...</li> <li>■ Consigner tous les dysfonctionnements ou non respect des normes, règlements et règles de l'art.</li> </ul>	-
5	Avoir un comportement participatif	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Proposer des solutions d'amélioration.</li> </ul>	Cercle de qualité***







\* Consigner : mettre par écrit ce que l'on veut transmettre au responsable.

\*\* Chek-list : liste détaillée de questions qui permettent de vérifier le fonctionnement et le réglage de tous les organes et dispositifs concernés.

\*\*\* Cercle de qualité : groupe permanent de personnes volontaires, appartenant à la même unité de travail, qui se réunissent régulièrement pour choisir, étudier et résoudre les problèmes liés à la qualité concernant leurs activités.

### 82.32 EXEMPLE DE FICHE DE GRAISSAGE

**IMPORTANT :** Avant tout graissage, pour éviter l'introduction d'impuretés, nettoyer les graisseurs.


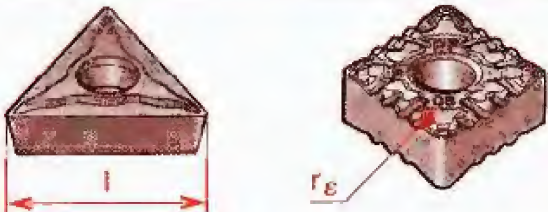
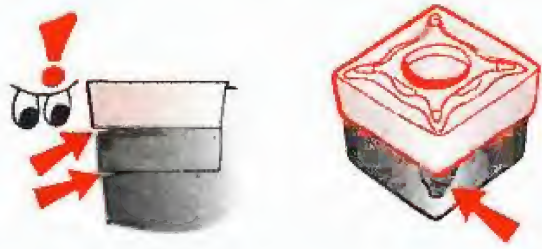
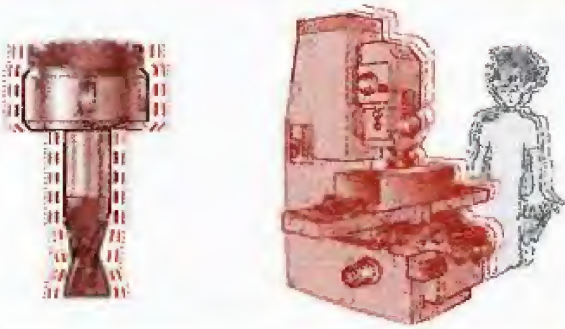




Organes	Opérations	Quantité	Produit	Fréquences**					
									
				Jour	Hebdo	Mois	3 mois	6 mois	Particuliers
Boîte de vitesses	Remplissage Vérification niveau Vidange	3 L	ANTAR Misolra - BH Viscosité 5*		E***		5*** 6***		
Poulie boîte de vitesses	Garnissage de graisse		Rolex A2						6***
Broche Boîte d'avances	Remplissage Vérification circulation Vérification niveau Vidange	5 L	ANTAR Misolra BH Viscosité 5	D***	G***	4*** 7***			

\* Résistance d'un fluide à l'écoulement.

\*\* Symboles normalisées NF E 60-200.

\*\*\* Repères des graisseurs.



Vérifier l'usure des outils	Vérifier les caractéristiques de l'outil
	
<p>Afin d'obtenir un usinage conforme aux spécifications, vérifier avant chaque montage, l'état d'usure de l'outil. Voir chapitre 28.</p>	<p>La sécurité de production est directement fonction du bon choix de l'outil et des conditions d'usinage.</p>
Vérifier l'état des supports d'outils	Vérifier la stabilité
	
<p>Changer toute cale support et tout porte-outils endommagés.</p>	<p>Le manque de stabilité et les vibrations sont toujours cause de dommages.</p>
Vérifier l'état des surfaces d'appui	Vérifier la propreté des logements
	
<p>Les surfaces d'appui des outils doivent être parfaitement propres et non endommagées.</p>	<p>Avant la mise en place d'une plaquette ou d'une indexation, nettoyer méticuleusement le logement.</p>
Maîtriser le montage des plaquettes	Maîtriser le rangement
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Changer les vis endommagées. ■ Lubrifier les vis.</li> <li>■ Utiliser un outil de serrage adapté. ■ Pousser la plaquette sur ses appuis. ■ Serrer au couple spécifié.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Une place pour chaque outil.</li> <li>■ Chaque outil à sa place.</li> </ul>

Cl. Oteio



Le nombre de pièces à fabriquer étant défini selon l'ordre proposé (O.P.), il faut tenir compte de la charge des machines.

## DÉFINITIONS 84.1

- **Capacité** : pour une période donnée c'est le nombre d'heures de travail que peut absorber une machine ou un atelier.
- **Charge** : pour une période donnée c'est le nombre d'heures de travail affecté à une machine ou un atelier.
- **Sous-charge** : il y a sous-charge lorsque la machine ou l'atelier a un taux d'occupation inférieur à sa capacité.
- **Surcharge** : Il y a surcharge lorsque la machine ou l'atelier a un taux d'occupation supérieur à sa capacité.
- **Lissage** : C'est une opération d'équilibrage des charges qui consiste à faire glisser les surcharges en périodes de sous-charge.

### REMARQUE

Le lissage peut également conduire à faire appel ou à la sous-traitance.

## MÉTHODE 84.2

- Calculer la charge de la machine :

$$\text{Charge} = T_s + T_u \times Q$$

- $T_s$  = temps série (temps d'équipement machine).
- $T_u$  = temps unitaire d'exécution de la pièce.
- $Q$  = nombre de pièce à fabriquer pour la période.
- Comparer graphiquement les charges avec la capacité de la machine.
- Équilibrer si besoin par lissage en faisant glisser les surcharges vers les périodes de sous-charge en tenant compte des délais.

## ORDRES PROPOSÉS - CAPACITÉS

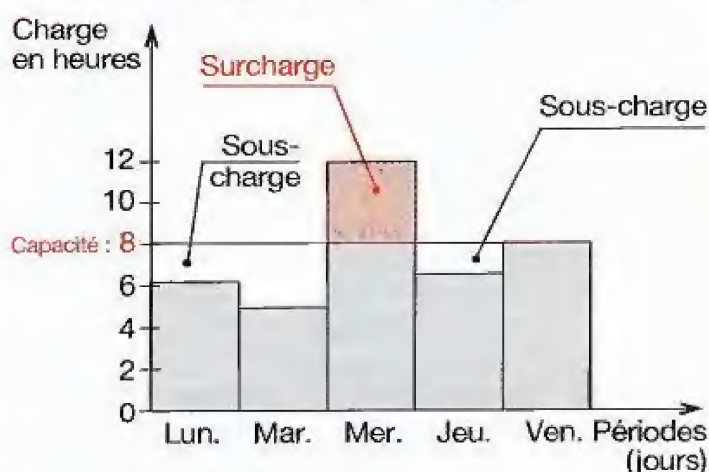
Périodes	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
O.P.	85	70	180	80	90
Capacité (h)	8	8	8	8	8

## CALCUL DES CHARGES (CH) en heures

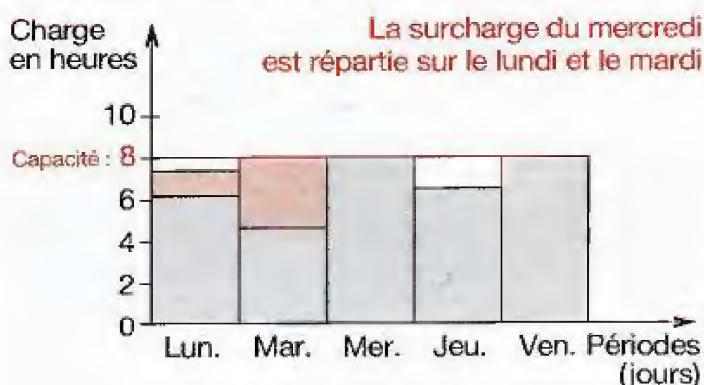
$T_s^*$ (h)	0,5**	—	—	0,5	0,5
$T_u$ (min)	4	4	4	4,5	5
$Q = \text{O.P.}$	85	70	180	80	90
$CH = T_s + (T_u \times Q)/60$	6,16	4,66	12	6,5	8

Calcul de la charge pour le lundi :  $T_s = 0,5 \text{ h}$  ;  $T_u = 4 \text{ min}$  ;  $Q = \text{O.P.} = 85$   
 $\rightarrow CH = T_s + (T_u \times Q)/60 = 0,5 + (4 \times 85)/60 = 6,16 \text{ h}$ .

## Graphique des charges



## Équilibrage des charges (lissage)

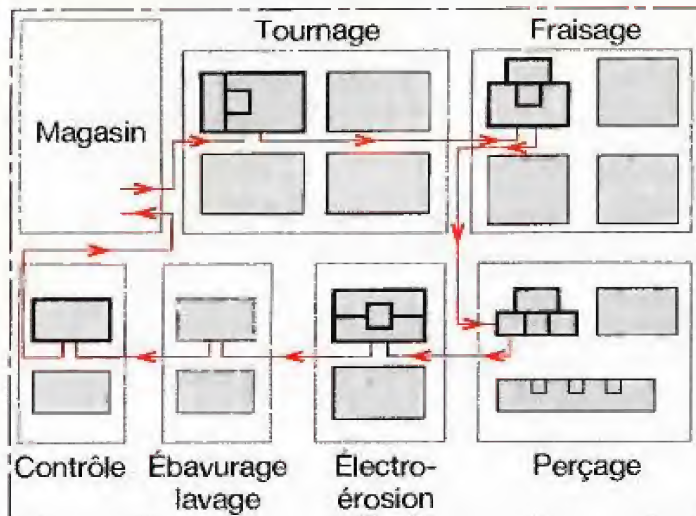


\* Ce temps est variable suivant l'équipement. Dans cet exemple, il s'agit d'un temps moyen.

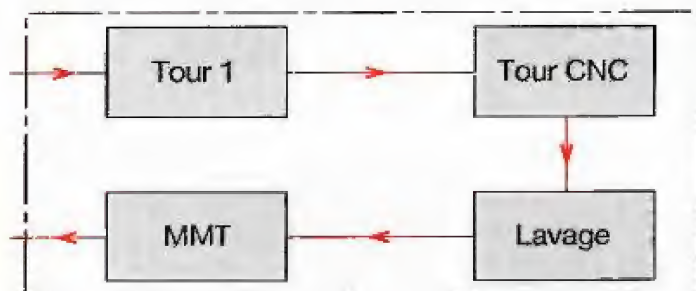
\*\* Le temps  $T_s$  n'est compté qu'une fois pour les 3 premiers jours car c'est la même pièce qui est usinée.



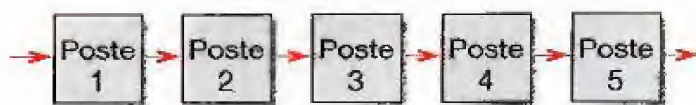
### Sections homogènes



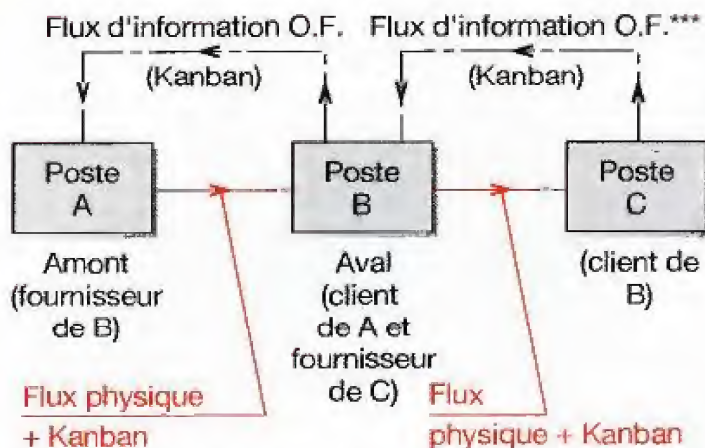
### Îlot



### Ligne



### Pilotage de flux par la méthode Kanban



\* La norme NF X 50-301 distingue deux types de flux : le flux matière et le flux d'information. \*\* Kanban : mot japonais signifiant étiquette. \*\*\* Ordre de fabrication.

En fabrication, on distingue deux types de flux\* :

- le flux continu,
- le flux discontinu.

La production en continu ou en ligne concerne les très grandes séries type automobile.

La production en discontinu s'applique aux pièces de types variés en quantités limitées, ce qui est le cas des petites et moyennes séries.

Les flux de produits, résultent des facteurs suivants : implantation des machines, moyens de productions, gammes, quantités à fabriquer, maîtrise des processus.

## 85.1 TYPES D'IMPLANTATION

L'implantation des moyens de production dépend des typologies de pièces, des quantités à fabriquer, des gammes... :

- **Sections homogènes** pour les pièces unitaires ou les petites séries non renouvelables.
- **Îlots de production** pour les petites et moyennes séries de pièces d'une même famille.
- **Lignes de production** pour les grandes séries.

## 85.2 PILOTAGE DE FLUX

Le pilotage des flux peut s'effectuer à l'aide des moyens suivants : calcul de besoin (M.R.P.), Kanban, O.P.T.

### 85.21 CALCUL DES BESOINS

Effectué à partir de la nomenclature et des prévisions de ventes, ce calcul donne la quantité de pièces, les dates de lancement et de réception des pièces fabriquées.

### 85.22 KANBAN\*\*

Ce type de pilotage s'applique à des pièces dont le processus est parfaitement maîtrisé, il requiert une structure d'îlot.



Le flux est dit « **tiré** » car le démarrage de la production s'effectue à partir de la commande du client. Le flux est continu, les pièces sont placées dans des containers. La gestion à l'aide de Kanban est interne.

## PRINCIPE DU KANBAN

- L'opérateur du poste A ayant terminé la fabrication d'un container, il y joint le Kanban et achemine l'ensemble vers le poste B.
- L'opérateur du poste B ne travaille que s'il reçoit un container. L'ayant usiné, il en enlève le Kanban et le renvoie au poste A ce qui constitue un ordre de fabrication (O.F.) d'un container.

### 85.23 O.P.T.\*

Ce type de pilotage est fondé sur le principe suivant : on ne peut fabriquer plus que ce que le poste goulet peut lui-même fabriquer. Ainsi, le goulet détermine le débit de pièces et les stocks.

Les goulet est le poste qui a le plus grand rapport charge/capacité (voir chapitre 84).

## ANALYSE DE FLUX 85.3

L'analyse peut être faite directement sur le terrain à l'aide de « l'analyse de déroulement ».

La méthode consiste à :

- faire un plan,
- recenser les différentes étapes du processus,
- pour chaque séquence : symboliser les flux, noter la distance, la quantité, le temps, noter toute observation utile sur le déroulement,
- faire le bilan : flux mini, goulet.

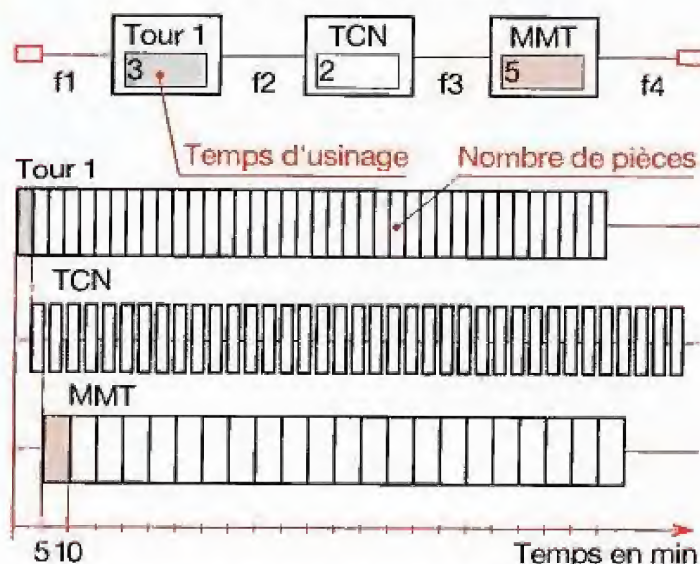
L'analyse peut-être également faite par simulation avec un logiciel tel que « cadence »\*\*\* selon l'exemple ci-contre.

Nom	Symbole	Description
Opération	○	Étape principale d'un processus, incluant une transformation des caractéristiques du produit.
Transfert	➡	Mouvement de l'opérateur ou, et de la pièce.
Stockage Déstockage	▽	Stockage contrôlé.
Retard ou attente	D	Retard dans la séquence (ex. un opérateur attend entre deux opérations consécutives ou bien la pièce est mise de côté temporairement).
Contrôle	□	Contrôle de qualité ou une mesure.

## EXEMPLE D'ANALYSE DE DÉROULEMENT

Processus actuel	Opération	Transport	Contrôle	Attente	Stockage	Distance	Quantité	Temps	Observation
Transport de pièces	○	➡	□	D	▽	3 m	50	2	
Attente	○	➡	□	D	▽	-	"		
Usinage sur tour T1	○	➡	□	D	▽	-	1	3	

### Simulation du flux\*\*



\* Optimized Production Technology (technologie de production optimisée).

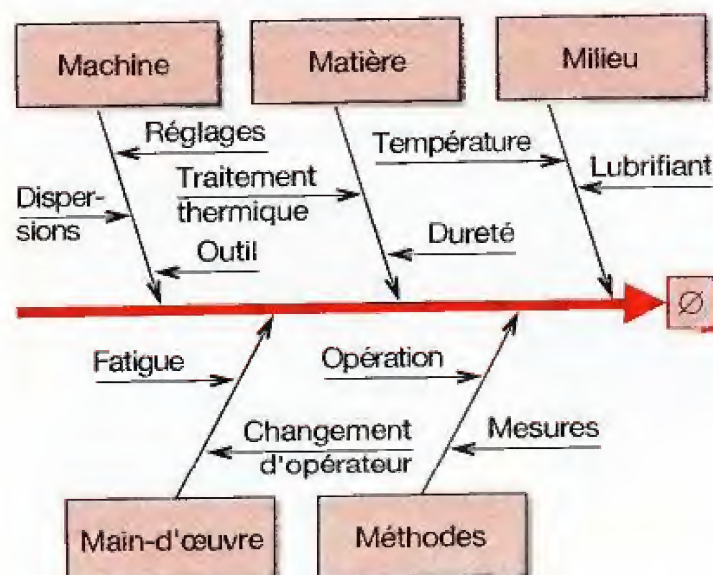
\*\* Les temps manuels sont supposés négligeables.

\*\*\* Cadence : GOGTN. 35510 - Cesson-Sévigné.

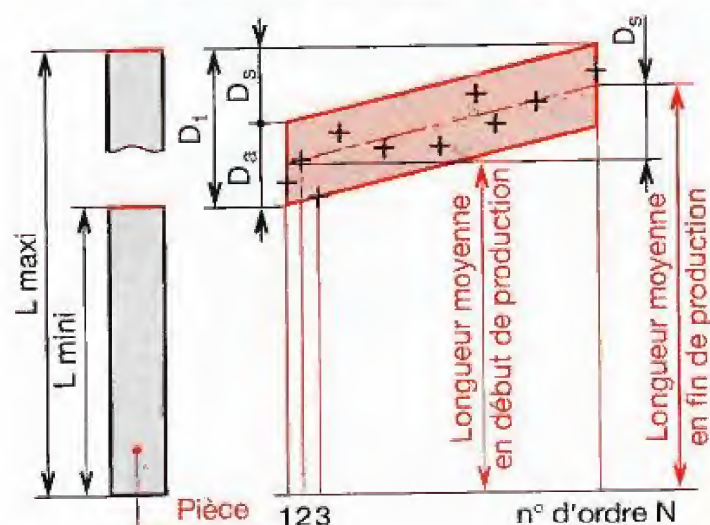




### Causes de variabilité d'une dimension



### Dispersions dimensionnelles



Le **S.P.C.** (Statistical Process Control) ou **M.S.P.** (Maîtrise Statistique des Procédés) est un outil de la qualité qui a pour objectifs la mesure, l'amélioration et la maîtrise d'un procédé de fabrication. Cette méthode met en œuvre des cartes de contrôle.

## 86.1 VARIATION DIMENSIONNELLE DES PIÈCES

Au cours d'une fabrication, les dimensions des pièces varient. Le diagramme des « 5 M », Machine, Matière, Milieu, Main-d'œuvre, Méthodes résume les causes de variabilité.

Ces causes de variation des dimensions sont de deux natures :

■ **Aléatoires** telles que les écarts de mise en position ; les déformations dues aux efforts de maintien en position, le manque de rigidité du montage, la flexion des outils, etc.

■ **Non aléatoires** ou « assignables », telles que l'usure de l'outil, le changement d'équipe, le changement de procédure, le changement de matériel de mesure...

## 86.2 DISPERSIONS

Soit une série de pièces usinées sans déréglage. La représentation graphique des différentes longueurs  $L_1, L_2 \dots L_n$  des pièces dans l'ordre de leur usinage, fait apparaître une dispersion aléatoire  $D_a$  et une dispersion systématique  $D_s$  due à l'usure de l'outil.

La dispersion totale  $D_t$  est égale à  $D_a + D_s$ .



## 86.3 ÉTAPES DE MISE EN ŒUVRE DU S.P.C.

Soit à mettre sous contrôle le diamètre  $\varnothing 20 \pm 0,075$  d'un axe obtenu en tournage. Cette mise en œuvre comporte 4 étapes principales.

**1 Lancement de la production**

Lancement de la fabrication d'une série d'arbres épaulés.  
(Documents méthode - Mise en œuvre du poste de travail.)

**2 Fabrication et contrôle**

- Production de la série.
- Prélèvement d'échantillons.
- Mesure du  $\varnothing 20 \pm 0,075$ .
- Relevés de la moyenne  $\bar{X}$  et de l'étendue  $W$  des échantillons.

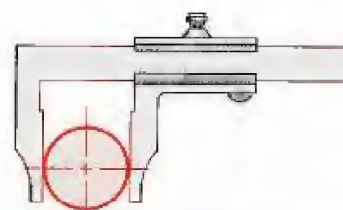
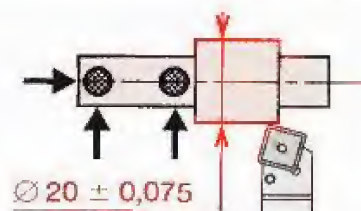
**3 Analyse du procédé**

- Analyse du processus à partir des relevés de l'étape précédente.
- Calcul de la capacité de la machine et du processus  $C_m$ ,  $C_p$ .

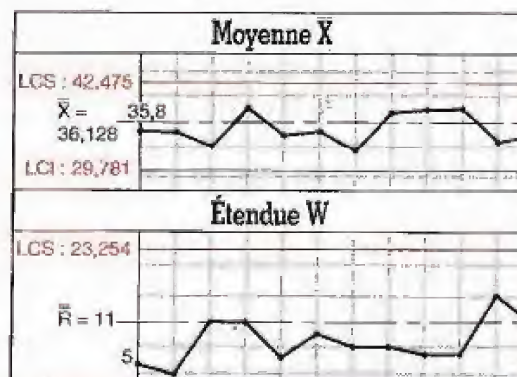
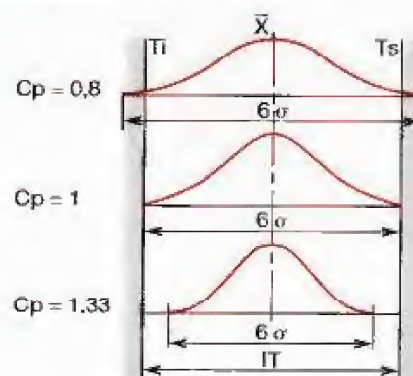
$C_p < 1 \rightarrow$  processus non capable  
 $1 < C_p < 1,33 \rightarrow$  processus à améliorer  
 $1,33 < C_p < 1,67 \rightarrow$  processus capable

**4 Fabrication sous S.P.C.**

- Mise en œuvre des cartes de contrôle (moyenne, étendue).
- Suivi et amélioration du processus.



Échantillon	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Date	9/8								10/8
Heure	9	10	11	12	14	15	16	17	9
Visa	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB
X1	66	52	75	86	53	68	87	92	76
X2	80	90	73	78	64	50	70	97	96
X3	72	82	72	96	81	48	90	63	70
X4	76	78	86	74	92	74	99	78	74
X5	60	87	72	73	97	58	80	58	78
$\Sigma X$	374	389	378	407	387	318	426	388	394
$\bar{X}$	74,8	77,8	75,6	81,4	77,4	63,8	85,2	77,6	78,8
W	14	38	14	23	44	40	29	39	26



Il y a production de rebuts.  
Il faut contrôler toutes les pièces et les trier.



# 86.4 DÉCODAGE D'UNE CARTE DE CONTRÔLE\* $\bar{X}$ , W

1 → [ PIÈCE : axe MACHINE : tour EN PÉRIODE : du 17/4 au... PRÉLÈVEMENT : 5 pièces/heure

2 → [ COTE :  $22 \pm 0,075$  ;  $T_s = 22,075$  ;  $T_i = 21,925$  ;  $IT = T_s - T_i = 0,15$  Carte n° 1

3 → Moyenne  $\bar{X}$

4 → Lcs 94,258

5 → 31,4

6 → Lci 60,481

7 → Étendue W

8 → Lcs 51,32

9 → 23

Échantillon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Date	9/8								10/8											
Heure	9	10	11	12	14	15	16	17	9	10	11	12	14	15	16	17				
Visa	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB				
$X_1$	66	52	75	86	53	88	87	92	76	64	70	67	79	90	89	98				
$X_2$	80	90	73	78	64	50	70	97	96	88	71	72	89	56	72	75				
$X_3$	72	82	72	96	81	48	90	63	70	87	73	98	81	83	68	80				
$X_4$	76	78	86	74	92	74	99	78	74	68	62	70	71	90	71	96				
$X_5$	80	87	72	73	97	58	80	58	78	82	86	76	80	75	81	64				
$\Sigma X$	374	369	378	407	387	318	426	388	394	389	362	383	400	394	381	413				
$\bar{X}$	74,8	73,8	75,6	81,4	77,4	63,8	85,2	77,6	78,8	77,8	72,4	76,6	80	78,8	76,2	82,6				
W	14	38	14	23	44	40	29	39	26	24	24	31	18	34	21	34				

- 1 - Identification (pièce, machine, période...)
- 2 - Dimension et intervalle de tolérance de la pièce.
- 3 -  $\bar{X}$  : moyenne (caractéristique statistique de suivi).
- 4 - Lcs : limite de contrôle supérieure.
- 5 - Graphe des moyennes  $\bar{X}$  des échantillons.

- 6 - Lcs : limite de contrôle inférieure.
- 7 - W : étendue (caractéristique statistique de suivi).
- 8 - Lcs : limite supérieure de contrôle.
- 9 - Graphe de l'étendue W des échantillons.
- 10 - 1 : numéro de l'échantillon.
- 11 - 9/8 : date du prélèvement.
- 12 - 9 : heure du prélèvement.

- 13 - CB : visa de l'opérateur
- 14 -  $X_1$  à  $X_5$  : valeurs de l'échantillon n° 1.
- 15 - 374 : somme de valeurs  $X_1$  à  $X_5$  de l'échantillon n° 1.
- 16 - 74,8 : moyenne des valeurs  $X_1$  à  $X_5$  de l'échantillon n° 1.
- 17 - 14 : étendue de l'échantillon n° 1\*\*.

\* Le calcul des limites de surveillance Lc, Ls n'apparaissent pas à des fins



# CALCUL ET REPORT 86.5

## DES POINTS

### SUR LA CARTE $\bar{X}$ , W

Soit à calculer et à reporter les points P4 et P'4 de l'échantillon numéro 4, sur les courbes de la moyenne  $\bar{X}$  et de l'étendue W :

■ Reporter la valeur des mesures des cinq pièces de l'échantillon :  $X_1, X_2, \dots, X_5$ . Chaque valeur  $X$  correspond à la valeur mesurée, soit pour  $X_1$  :

$$X_1 = 86 \mu\text{m.}$$

■ Calculer la somme arithmétique  $\Sigma X$  des valeurs mesurées :

$$\Sigma X = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5$$

$$\Sigma X = 86 + 78 + 96 + 74 + 73 = 407.$$

■ Calculer la moyenne  $\bar{X}$  des valeurs mesurées :

$$\bar{X} = \frac{(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5)}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{86 + 78 + 96 + 74 + 73}{5} = 81,4$$

■ Calculer l'étendue W des valeurs mesurées :

$$W = X_{\text{max}} - X_{\text{min}}$$

$$W = 96 - 73 = 23.$$

■ Reporter le point P4 de la valeur moyenne de l'échantillon  $\bar{X} = 81,4$ .

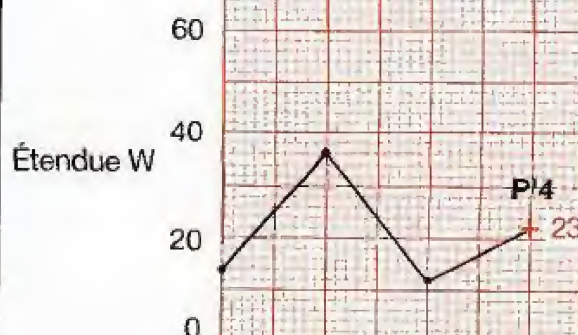
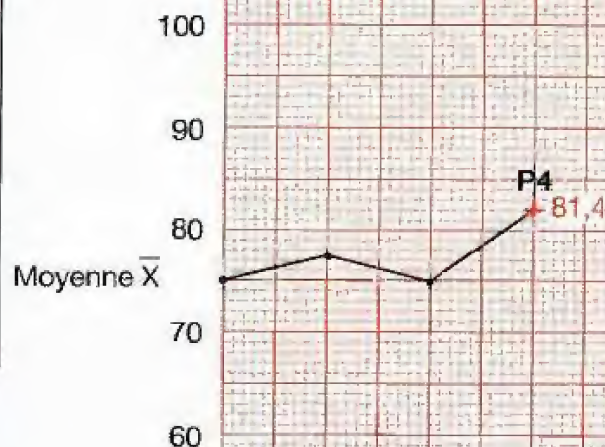
Ce point est la représentation graphique de la valeur moyenne  $\bar{X}$  de l'échantillon n° 4.

C'est l'indicateur de la tendance centrale de la dimension, de sa position par rapport à la moyenne.

■ Reporter le point P'4 de l'étendue  $W = 23$ . Ce point est la représentation graphique de l'étendue W de l'échantillon.

C'est l'indicateur de la variabilité de la dimension (dispersion).

## REPORT DES POINTS SUR LA CARTE DE CONTRÔLE\*



Échantillon	1	2	3	4	
Date	9/8			9/8	
Heure	9	10	11	12	
Visa	CB	CB	CB	CB	
$X_1$	86	52	75	86	
$X_2$	80	90	73	78	
$X_3$	72	82	72	96	
$X_4$	76	78	86	74	
$X_5$	80	87	72	73	
$\Sigma X$	374	389	378	407	
$\bar{X}$	74,8	77,8	75,6	81,4	
W	14	38	14	23	

\* Les limites de la moyenne  $\bar{X}$  et de l'étendue W ne figurent pas sur la carte.



## 86.6 INTERPRÉTATION DES GRAPHES D'UNE CARTE DE CONTRÔLE $\bar{X}$ , W

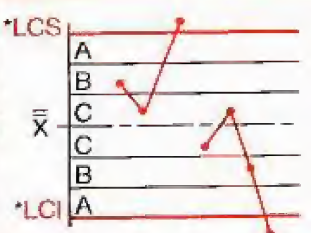
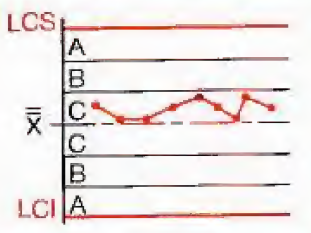

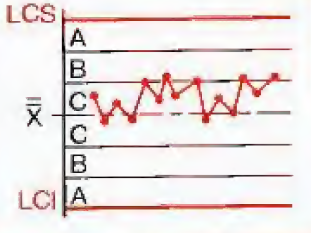
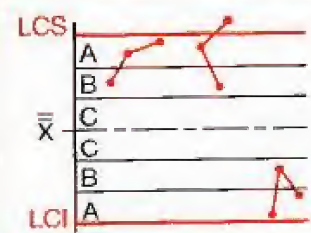
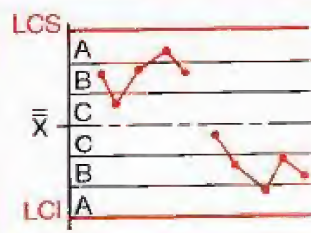
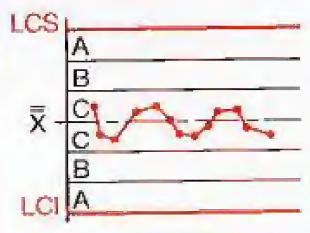
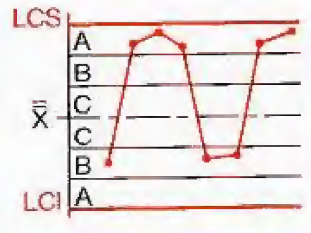
L'opérateur doit prélever les échantillons, les mesurer, reporter les valeurs  $X_1$  à  $X_n$  sur la carte et calculer la somme  $\Sigma$ , la moyenne  $\bar{X}$  et l'étendue  $W$ , puis compléter les graphiques de la moyenne  $\bar{X}$  et de l'étendue  $W$ . Ces derniers donnent une image du comportement de la fabrication en cours. Leur analyse permet de réagir rapidement en cas de défaillance ou d'anomalie dans le procédé.

Ces défaillances ou ces anomalies ont des causes multiples : changement d'opérateur, de matière, incident d'usinage (bris d'outil), de réglage, etc.

Les dispositions typiques de points du tableau ci-dessous permettent de les déceler. En s'aidant du journal de bord où sont consignées toutes les interventions de l'opérateur et tous les incidents, on peut remonter aux causes.

### CAUSES ASSIGNABLES - CAS TYPIQUES DE DISPOSITION DE POINTS

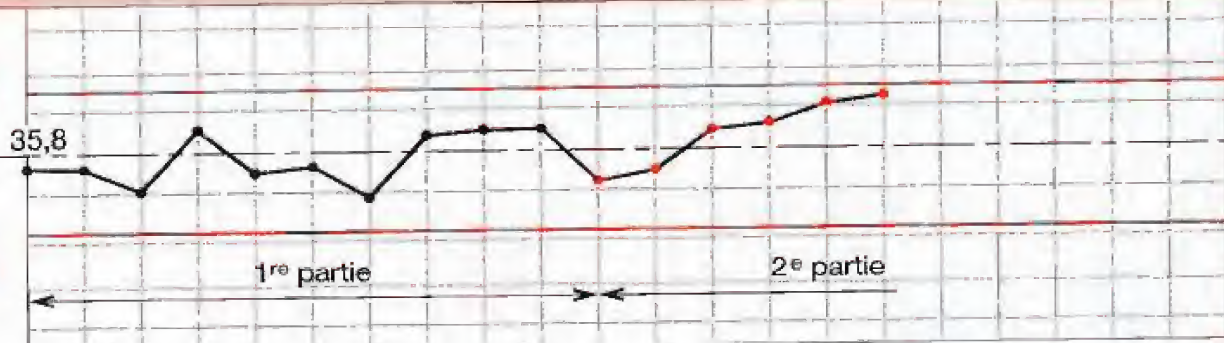
ISO 8258

① Un point au-delà de la zone A.	② Neuf points consécutifs dans la zone C, en dessous ou au-dessus de la ligne centrale.	③ Six points consécutifs régulièrement croissants ou décroissants.	④ Quatorze points consécutifs alternativement supérieurs ou inférieurs au point précédent.
			
⑤ Deux points sur trois consécutifs dans la zone A ou au-delà.	⑥ Quatre points sur cinq consécutifs dans la zone B ou au-delà.	⑦ Quinze points consécutifs dans la zone C au-dessus et en dessous de la ligne centrale.	⑧ Huit points consécutifs répartis de chaque côté de la ligne centrale, sans point en zone C.
			

### EXEMPLE

#### Moyenne $\bar{X}$

LCS :  
42,475  
 $\bar{X}$  =  
36,128  
LCI :  
29,781



#### Analyse de la courbe des moyennes

Dans la première partie du graphe, la variation est faible et alternée, le processus est stable.  
Dans la deuxième partie, on trouve 6 points régulièrement

croissants, consécutifs, ce qui est une cause assignable (n° 3).

La dérive de la moyenne résulte d'un dérèglement de l'outil. Il faut procéder au réglage.

\* LCS, LCI : limites de contrôle supérieures et inférieures.



## 86.7 CAPABILITÉ MACHINE $C_m$ , $C_{mk}$ ; CAPABILITÉ PROCÉDÉ $C_p$ , $C_{pk}$

### CAPABILITÉ MACHINE $C_m$ , $C_{mk}$

La capacité d'une machine  $C_m$  exprime l'aptitude de la machine à produire des pièces situées dans l'intervalle de tolérance.

Cette mesure n'est possible que si le procédé est sous contrôle statistique.

L'indicateur  $C_m$  est calculé à partir d'un échantillon d'effectif  $n = 50$ , prélevé dans un temps très court sans intervention de réglage.

$$C_m = \frac{IT}{6\sigma} = \frac{(T_s - T_i)}{6\sigma} \quad \left| \begin{array}{l} IT = \text{tolérance de fabrication.} \\ 6\sigma = \text{dispersion de fabrication.} \\ \sigma = \text{écart type de l'échantillon.} \end{array} \right.$$

La machine est capable si  $C_m \geq 1,33$ .

**APPLICATION** (à partir d'un échantillon de plus de 50 pièces)  
Soit à vérifier la capacité d'un tour réalisant l'usinage d'un axe  $\varnothing 22 \pm 0,05$ .

$$C_m = IT/6\sigma \quad IT = 0,05 \times 2 = 0,1 = 100 \mu m.$$

Si  $\sigma$  n'est pas connu, prendre son estimateur  $S$  
$$S = \frac{\bar{W}}{dn^{**}} = \frac{28,31}{2,326} = 12,17 \mu m.$$

$$C_m = 100/6 \times 12,17 = 1,37 \rightarrow 1,37 > 1,33.$$

**Conclusion :** la machine est capable.

L'indicateur  $C_{mk}$  vérifie la proximité de la distribution par rapport aux limites de la tolérance. La différence entre  $C_{mks}$  et  $C_{mki}$  renseigne sur le centrage de la moyenne  $\bar{X}$ .

$$C_{mks} = \frac{(T_s - \bar{X})}{3\sigma} ; C_{mki} = \frac{(\bar{X} - T_i)}{3\sigma}.$$

Il ne faut retenir que la valeur minimale de  $C_{mks}$  ou  $C_{mki}$ .

#### APPLICATION

$$\varnothing 22 \pm 0,05 ; IT = 100 \mu m ; \bar{X} = 77,3 \mu m ; S = 12,17 \mu m.$$

Valeur de cote moyenne = valeur de référence de la mesure (21,900) +  $\bar{X}$  (exprimé en mm) =  $21,9 + 0,0773 = 21,977$ .

$$C_{mks} = (T_s - \bar{X})/3\sigma = (22,05 - 21,977)/3 \times 0,01217 = 1,99$$

$$C_{mki} = (\bar{X} - T_i)/3\sigma = (21,977 - 21,95)/3 \times 0,01217 = 1,28.$$

On obtient la valeur minimale  $C_{mki} = 1,28$ .

**Conclusion :** la valeur minimale étant supérieure à 1, c'est l'indice d'un bon centrage de la moyenne.

#### REMARQUE

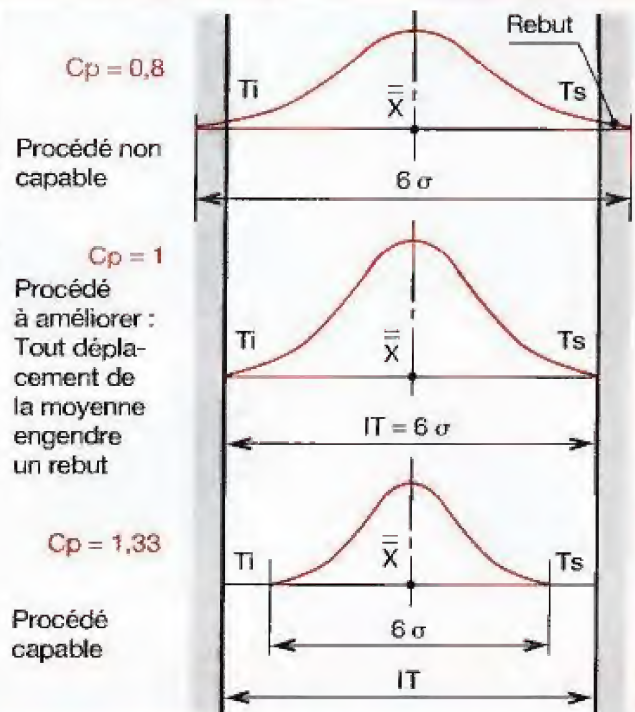
La capacité du procédé  $C_p$ ,  $C_{pk}$  se calcule de la même manière ; si ce n'est que dans les formules, on prend en compte  $\bar{X}$ , (moyenne des moyennes) au lieu de  $\bar{X}$ .

\*  $\sigma$  : écart type de l'échantillon.

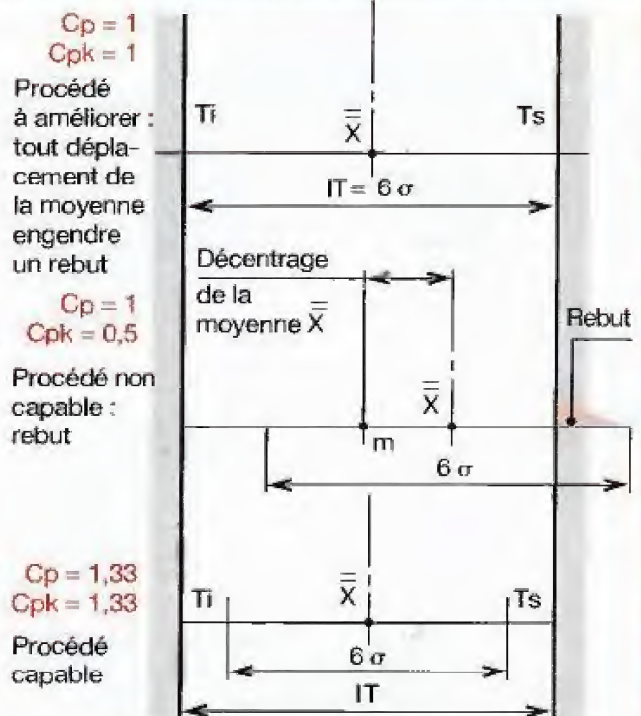
\*\*  $dn$  : coefficient d'estimation de  $\sigma$  est égal à 2,326 pour un échantillon de 5 pièces selon le tableau.

\*\*\*  $\bar{X}$  : moyenne arithmétique de l'échantillon.

### Capabilité procédé $C_p$ - Exemples



### Capabilité procédé $C_{pk}$ - Exemples



#### COEFFICIENT $dn$ , $bn$ ET $Cn$ - ESTIMATION DE $\sigma^*$

n	2	3	4	5	6	7	8
$dn$	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847
$bn$	0,564	0,724	0,798	0,841	0,869	0,888	0,903
$Cn$	0,798	0,888	0,921	0,940	0,951	0,959	0,965



**Famille de pièces**

Cl. Chevalier - Bohan - Molina

**ÉTABLISSEMENT D'UN ÎLOT**

- 1 Codifier morphologiquement les produits fabriqués (voir codification chapitre 88).
- 2 Classer les pièces en famille de pièces.
- 3 Dans une même famille de pièces, déterminer les pièces significatives en fonction de critères de coût et de quantité (voir Pareto chapitre 89).
- 4 Schématiser l'implantation des îlots dans l'atelier. Indiquer le sens du flux de production des pièces (voir chapitre 85).
- 5 Définir les cadences (voir charge des machines chapitre 84).
- 6 Inventorier les moyens de fabrication disponibles.
- 7 Rédiger les gammes types.
- 8 Préciser le flux de production dans chaque îlot (voir chapitre 85).
- 9 Chiffrer les temps des opérations des pièces significatives (voir temps de fabrication chapitre 27).
- 10 Analyser et traiter le chevauchement d'opérations (voir Gantt chapitre 90).
- 11 Définir l'organisation de l'îlot de production.
- 12 Gérer le flux de production et faire le bilan.

La démarche productive inclut la notion de technologie de groupe qui consiste à rassembler des pièces similaires en vue d'organiser la production en îlot.

**62.1 DÉFINITIONS****FAMILLE DE PIÈCES**

C'est un regroupement de pièces ayant des similitudes de formes, de dimensions, de cheminement.

Ce regroupement est effectué à partir d'une codification.

**GAMME TYPE OU GAMME MÈRE**

C'est la liste ordonnée des phases de fabrication des pièces appartenant à une même famille. L'ordre opératoire est optimisé. Tous les degrés de complexité des pièces de la famille sont pris en compte globalement mais non analysés dans le détail. Il y a une seule gamme-type pour l'ensemble de toutes les pièces de la famille.

**GAMME SPÉCIFIQUE**

C'est la gamme détaillée d'une pièce. Chaque pièce a une gamme spécifique.

**62.2 ÎLOT DE PRODUCTION**

C'est un ensemble de machines regroupées dans un atelier pour réaliser la fabrication d'une famille de pièces subissant totalement ou en partie le processus de fabrication (voir tableau ci-contre).



## PRINCIPE 88.1

La codification des pièces sert notamment à grouper les pièces selon leurs similitudes afin d'optimiser tous les stades d'élaboration du produit, de la conception à la production. La codification identifie les pièces selon des critères de forme et de dimension. L'analyse de ce code permet l'insertion de la pièce dans une famille de pièces.

## SYSTÈME 88.2

### DE CODIFICATION

Le système de codification CETIM PMG\*, utilisé pour les pièces de révolution comporte 13 tableaux dont le premier, « morphologie générale », est donné en exemple.

## EXEMPLE 88.3

### DE CODIFICATION

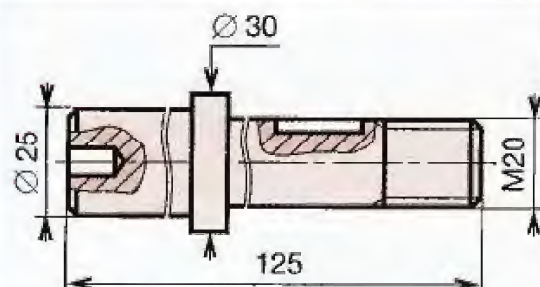
Soit un arbre épaulé, selon le dessin de définition ci-dessous. Le rang n° 1 : « Morphologie générale », a pour élément spécifié : Rond  $L/D > 4$ .

$$L/D = 125/30 = 4,16.$$

L'élément spécifié est supérieur à 4 et le code a pour valeur 2.

La mise en œuvre des 13 tableaux conduit à la codification ci-contre.

### Arbre épaulé



Brut laminé, C 35, trempé. Ra : 3,2 partout ; cadence : 120 pièces/mois.

## PIÈCES DE RÉVOLUTION

### Rang 1 - Morphologie générale

Rang	Section transversale	L/D	Morphologie
0	Ronde	$L/D \leq 0,5$	
1		$0,5 < L/D \leq 4$	
2		$L/D > 4$	
3	Denon-révolution	$L/D \leq 1,5$	
4		$L/D > 1,5$	
5	Multi-axiale (axes parallèles uniquement)		
6	Segment		
7	Secteur circulaire		
8	-		
9	Autres		

## CODIFICATION

Rang	Titre de tableau	Élément spécifié	Code
1	Morphologie générale	Rond - $L/D > 4$	2
2	Morphologie extérieure	Variante de façon quelconque	5
3	Morphologie intérieure	Avec trou borgne	1
4	Dimensions - Rapport L/D et D	$L/D > 4 - D < 40$	7
5	Éléments de formes coaxiales	Filetage	1
6	Élément de forme type rainure, plat...	Rainure extérieure	1
7	Élément de forme type trous auxiliaires	Néant	0
8	Élément de forme type denture, cannelures...	Néant	0
9	Matériau	Acier non allié	1
10	Présentation du brut	Barre ronde	0
11	Traitements thermiques et de surface	Trempe de masse	1
12	Qualité dimensionnelle État de surface	$L > 50$ $1,6 \leq Ra \leq 6,3$	3
13	Quantité et cadence	$Q \geq 100 - C < 90$ lots	3

## CODE DE L'ARBRE ÉPAULÉ

Rang	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Code	2	5	1	7	1	1	0	0	1	0	1	3	3

\* CETIM, 60304 - Senlis.



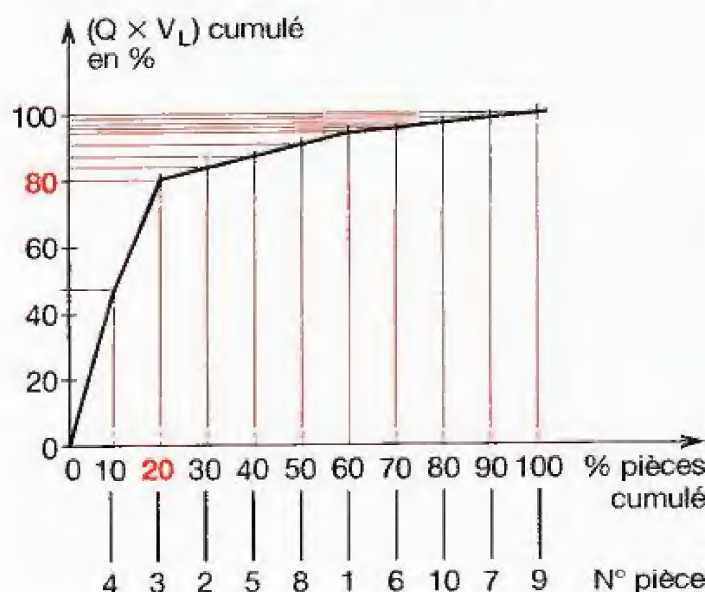
## EXEMPLE

Pièce N°	Quantité (Q)	Valeur d'une pièce (V)	Valeur du lot (V <sub>L</sub> )
1	50	25	1 250
2	20	50	2 000
3	50	200	10 000
4	90	250	22 500
5	25	75	1 875
6	20	35	700
7	15	18	270
8	100	15	1 500
9	30	8	240
10	25	12	300

## TABLEAU DE CLASSEMENT

Pièce N°	Valeur du lot (V <sub>L</sub> )	Q × V <sub>L</sub> cumulé	%(Q × V <sub>L</sub> ) cumulé	% pièces cumulé
4	22 500	22 500	53,4 %	10 %
3	10 000	32 500	80 %	20 %
2	2 000	34 500	84,9 %	30 %
5	1 875	36 375	89,5 %	40 %
8	1 500	37 875	93,2 %	50 %
1	1 250	39 125	96,3 %	60 %
6	700	39 825	98 %	70 %
10	300	40 125	98,7 %	80 %
7	270	40 395	99,4 %	90 %
9	240	40 635	100 %	100 %

## Diagramme de pareto

\* Voir GPD T chapitre 82. \*\* Valeur de cumul total (Q × V<sub>L</sub>).

## 89.1 EXEMPLE

Soit à classer des pièces stockées en magasin, en fonction de leur valeur en euros.  
Pour simplifier l'exemple, on ne considérera que dix lots de pièces différentes.

- N° : numéro de la pièce,
- Q : quantité de pièces dans un lot,
- V : valeur d'une pièce en euros,
- V<sub>L</sub> : valeur du lot en euros.

## 89.2 MÉTHODE

1. Pour chaque pièce, déterminer la valeur du lot en euros. Soit pour le lot de pièces N° 1 :  $25 \times 50 = 1\,250$  euros.

2. Reporter dans un tableau de classement, les valeurs calculées ci-dessus, dans un ordre décroissant :

$$22\,500 ; 10\,000 \dots$$

3. Calculer les valeurs cumulées, soit pour le lot de pièces N° 3 :

$$22\,500 + 10\,000 = 32\,500.$$

4. Calculer les pourcentages des valeurs, soit pour le lot de pièces N° 3 :

$$\frac{32\,500}{40\,635^{**} \times 100} = 80\%,$$

5. Tracer le diagramme de Pareto en portant en abscisse les % des pièces et en ordonnées les % des valeurs cumulées. Soit pour la pièce N° 2 : 30 % en abscisse et 84,9 en ordonnée.

## 89.3 ANALYSE DE LA COURBE

Les lots de pièces N° 3 et N° 4 correspondent à 20 % du nombre de pièces stockées et représentent 80 % du coût total de l'ensemble. Les autres pièces, soit 80 % du nombre de pièces stockées ne représentent que 20 % du coût de l'ensemble des pièces du magasin.



Le diagramme de Gantt est une méthode d'ordonnancement dont les principaux objectifs sont :

- planifier les opérations à effectuer,
- lancer et suivre ces opérations,
- contrôler l'exécution de la planification.

## CONDITIONS PRÉALABLES 90.1

Pour établir un diagramme de Gantt, il faut connaître notamment :

- la durée des tâches,
- les contraintes d'antériorité des tâches,
- les délais à respecter.

## REPRÉSENTATION 90.2

■ **Jalonnement au plus tôt** : la matière où les pièces brutes étant disponibles, le début de la production s'effectue dès la réception de l'ordre de fabrication (O.F.).

■ **Jalonnement au plus tard** : à partir de la phase terminale, on remonte dans le temps pour déterminer la date du début de production.

■ **Marge** : la marge est la différence entre le temps disponible avant la date de livraison et le temps de fabrication.

■ **Chevauchement d'opérations**

Un chevauchement d'opérations s'effectue pour réduire les délais de production.

## EXEMPLE 90.3

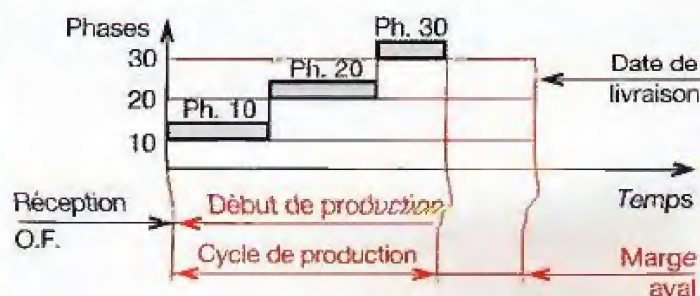
Soit l'exemple d'un planning de fabrication et d'assemblage d'un lot d'ensembles composés de pièces A, B, C.

Le jalonnement est « au plus tard ».

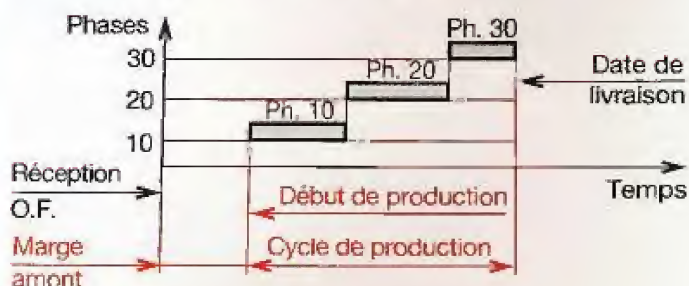
### REPERTOIRE DES OPÉRATIONS

Montage	Contrôle
Délai	Tournage
Commande	Fraisage
Débit	Perçage
Traitement thermique	Rectification

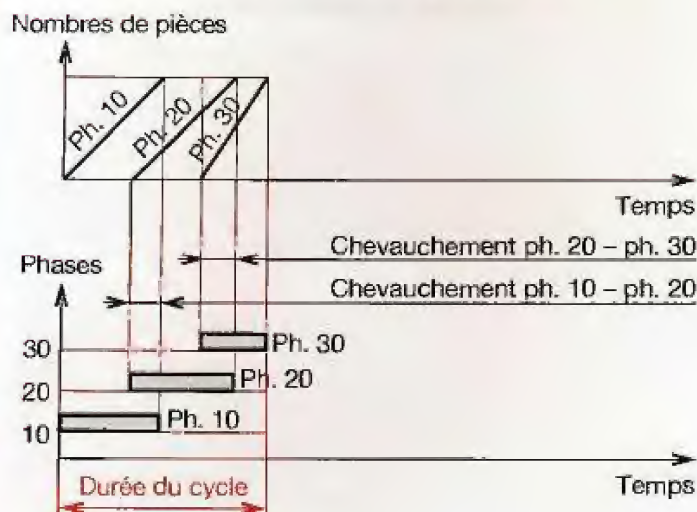
### Jalonnement au plus tôt



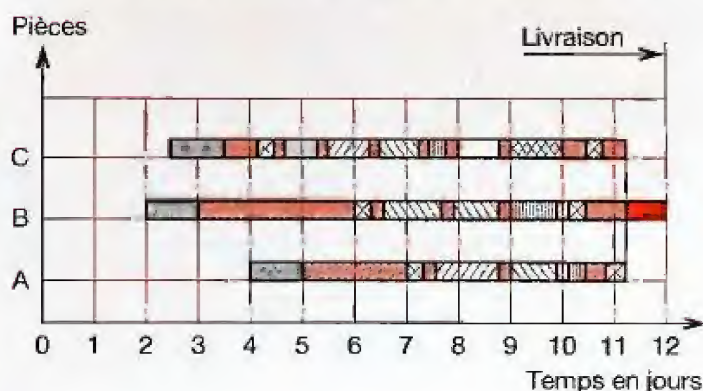
### Jalonnement au plus tard



### Chevauchement d'opérations



### Diagramme de Gantt - Exemple





## Principales fonctions d'une entreprise



## Concept qualité totale



## GESTION DE LA QUALITÉ

Maîtrise de la qualité	Assurance de la qualité
Gestion interne à l'entreprise : ISO 9004	Relation client-fournisseur : ISO 9001 ; 9002** ; 9003

\* La norme ISO 9000 introduit les normes de cette série.

\*\* La norme ISO 9002 est la plus utilisée pour la certification des systèmes qualité.

La qualité des produits et des services d'une entreprise est un atout majeur pour le maintien et le développement des ventes.

L'entreprise est un système comportant différentes fonctions, lesquelles concourent toutes à la qualité du produit : direction, ressources humaines, commerciale, financière, production et autres suivant le type d'entreprise.

Le client et les fournisseurs sont intégrés au système.

## 91.1 QUALITÉ

La norme ISO 8402 définit la qualité comme « l'ensemble des caractéristiques d'une entité qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire les besoins exprimés et implicites ».

L'entité peut être :

- une activité,
- un produit,
- un organisme.

D'une autre manière, on peut exprimer la qualité comme étant la satisfaction des besoins exprimés et implicites du client dans les meilleurs délais et au meilleur coût.

La recherche de la qualité totale conduit à tendre vers les limites suivantes : zéro défaut, zéro délai, zéro stock, zéro panne, zéro papier, zéro accident (sécurité).

## 91.2 NON QUALITÉ

De même que la qualité est la « conformité au besoin », la non qualité est la « non conformité au besoin ». C'est l'écart global constaté entre la qualité visée et la qualité effectivement obtenue. La non qualité conduit à des rebuts, des retouches, des retards etc. Elle a un coût. Un produit non conforme engendre l'insatisfaction du client, ce qui est préjudiciable à la réputation du produit et de son fabricant.



Les causes de non qualité sont très diverses et se situent à tous les stades de l'élaboration du produit : conception, production, stockage, distribution.

## SYSTÈME QUALITÉ 91.3

Une entreprise ayant défini une politique qualité traduite en termes d'objectifs et de moyens, doit définir sa structure organisationnelle, ses ressources, ses procédés et toutes les procédures pour mettre en œuvre la gestion de la qualité. C'est le **système qualité**.

Ce système qualité implique, selon la taille de l'entreprise, un service qualité, des auditeurs internes, des groupes de progrès et des documents tels que le manuel qualité, les plans qualité, etc.

## GESTION 91.4 DE LA QUALITÉ

La gestion de la qualité comporte deux parties :

- la maîtrise de la qualité,
- l'assurance de la qualité.

### 91.41 MAÎTRISE DE LA QUALITÉ

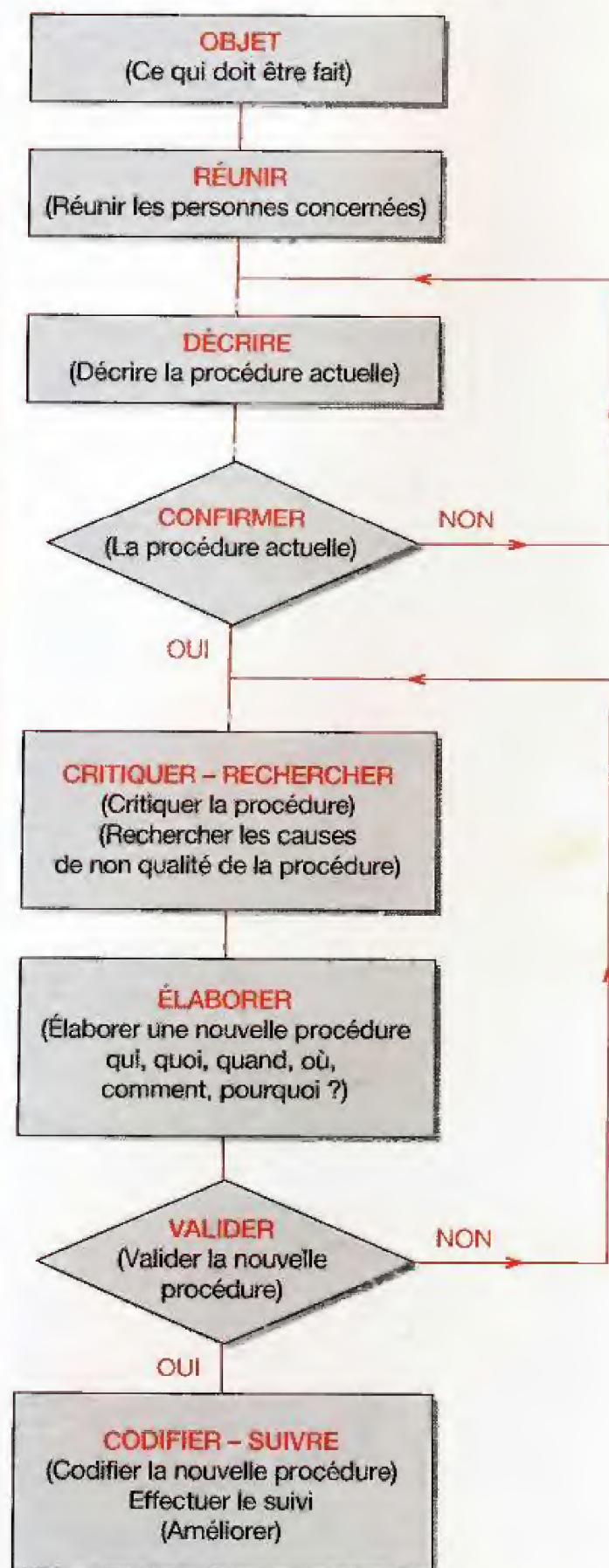
La maîtrise de la qualité a pour objectif la maîtrise et l'amélioration du système qualité mis en place à l'intérieur de l'entreprise.

Elle concerne toutes les activités opérationnelles visant la satisfaction des clients internes et externes.

Il s'agit d'appliquer les principes d'action suivants : conformité aux besoins, prévention, mesure, etc.

Les techniques opérationnelles utilisées sont : les enquêtes clients, le S.P.C. (voir chapitre 86), la relation client-fournisseur interne, etc.

### Élaboration d'une procédure\*



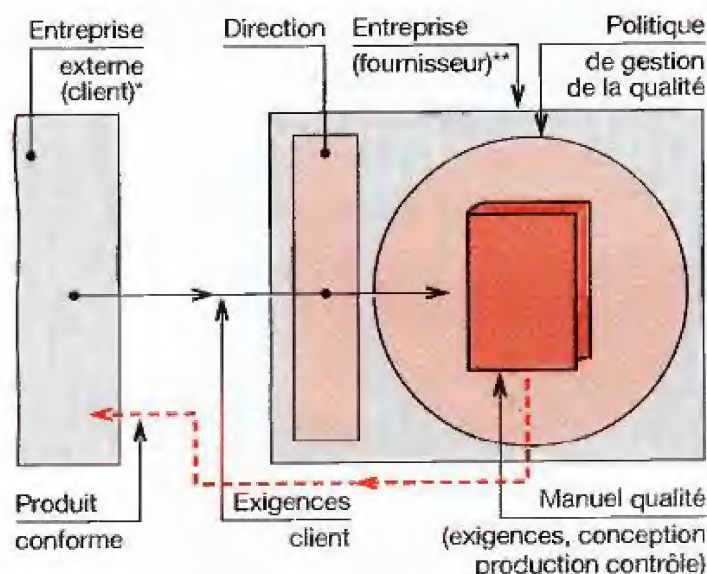
\* D'après Pierre CHARLE - IPR-IA.



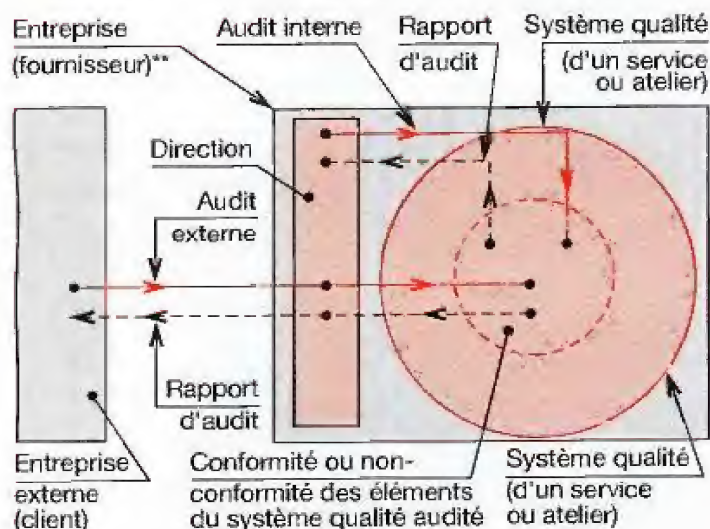
### Assurance qualité



### Manuel qualité



### Audit qualité



\* Le client est celui qui achète ou commande un produit.

\*\* Le fournisseur est celui qui vend ou fabrique un produit.

## 91.42 ASSURANCE QUALITÉ

C'est un ensemble d'actions nécessaires pour assurer qu'un produit ou un service satisfasse aux exigences relatives à la qualité.

Ces actions consistent à établir et à respecter des procédures organisationnelles et opérationnelles.

On distingue deux cas d'assurance de la qualité :

- l'assurance de la qualité interne,
- l'assurance de la qualité externe.

Sa mise en place conduit à la rédaction d'un manuel qualité, de plans d'assurance qualité, de l'organisation d'audits et de la formation du personnel.

## 91.43 MANUEL QUALITÉ

C'est un document de référence, il décrit les éléments suivants : la politique qualité, le système qualité, les pratiques qualité.

## 91.44 OUTILS DE LA QUALITÉ

Les groupes de travail ayant pour objet la qualité utilisent divers outils tels que : le brainstorming (remue-méninges), la méthode Q.Q.Q.O.C.P. (qui, quoi, quand, où, comment, pourquoi), le diagramme causes-effet (voir § 86.1 et GPDT 1.4).

## 91.45 AUDIT QUALITÉ

L'audit est un examen interne ou externe destiné à déterminer si les activités et les résultats sont conformes aux dispositions préalables des manuels, plans qualité et des plans d'assurance qualité.



Dans le cadre des fabrications, il existe différents types de stocks\* nécessitant un réapprovisionnement notamment :

- stock matière,
- stock pièces brutes,
- stock pièces standard (du commerce).

On distingue plusieurs méthodes d'approvisionnement en fonction des facteurs suivants :

- la quantité  $Q$  à commander fixe ou variable,
- la date de réapprovisionnement ( $T$ ) fixe ou variable.

## RÉAPPROVISIONNEMENT 92.1 Q ET T FIXES

Cette méthode s'applique aux pièces peu coûteuses dont le réapprovisionnement ne pose pas de problème de délai chez le fournisseur. La quantité consommée à l'année étant connue on détermine la quantité  $Q_{\text{éco}}$  et on commande à date fixe.

Un double risque de rupture de stock peut se produire en raison :

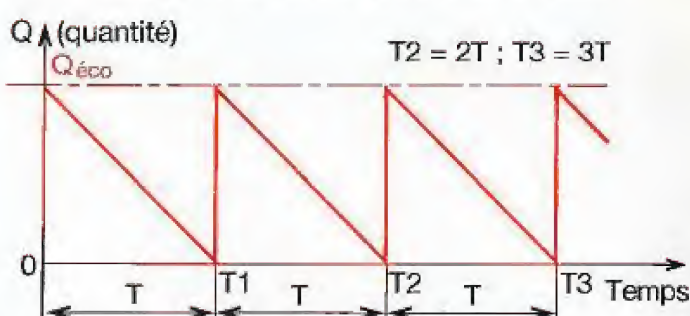
- d'une consommation réelle supérieure à celle prévue,
- d'un retard de livraison.

## RÉAPPROVISIONNEMENT 92.2 Q FIXE, T VARIABLE

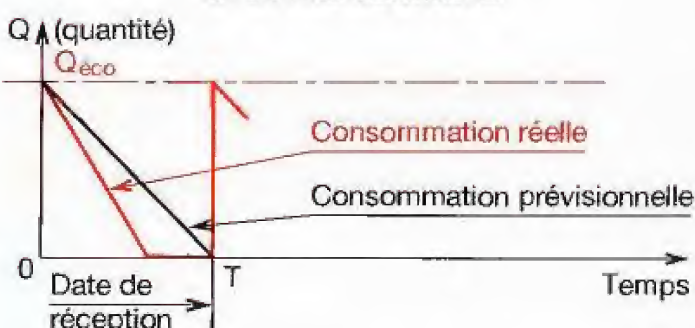
Cette méthode dite « du point de commande » prévoit un stock de sécurité afin d'éviter tout aléa et un stock de couverture qui déclenche le point de commande. Dès que le stock atteint le niveau du stock de couverture, on passe la commande. Si la consommation augmente, le stock de sécurité évite la rupture de stock.

\* Le principe de gestion « stock zéro » est une limite appliquée au « juste à temps ». Sa mise en œuvre nécessite un processus parfaitement au point.

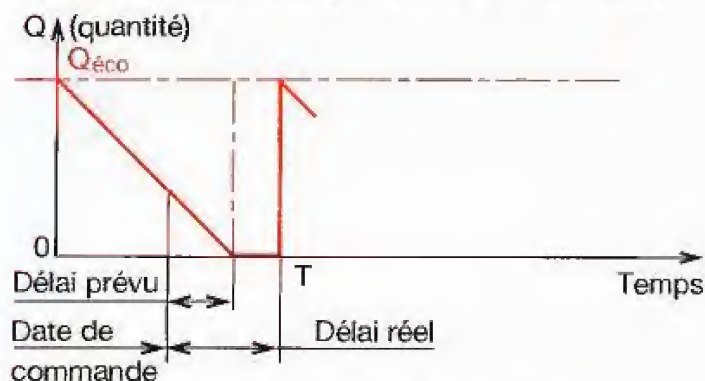
### Réapprovisionnement Q et T fixes



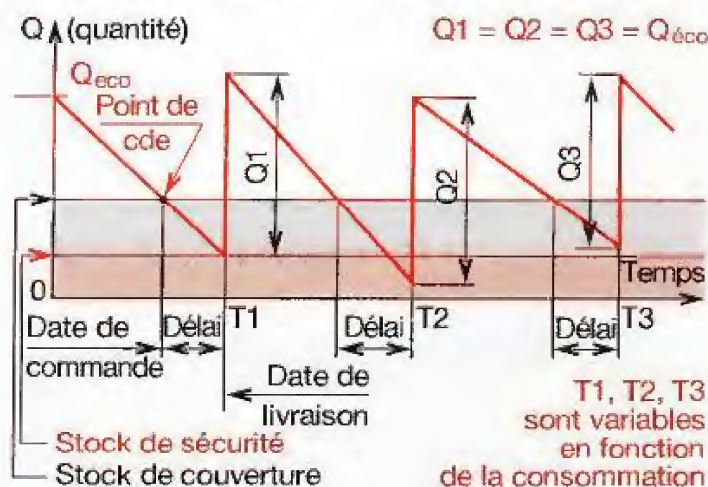
### Rupture de stock par augmentation de la consommation



### Rupture de stock par retard de livraison

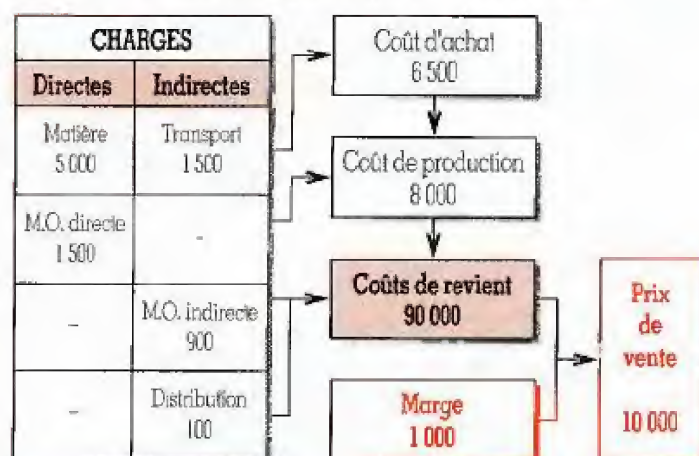


### Réapprovisionnement Q Fixe, T variable





### Coûts complets pour une pièce



#### COÛT D'ACHATS

Coût d'achat matière	Quantité	P.U.	Montant
Charges directes			
Achats matière	100	50	5 000
Charges indirectes			
Transport	100	15	1 500
Coût d'achat	100	65	6 500

#### COÛTS DE PRODUCTION

Production	Quantité	P.U.	Montant
Charges directes			
Coûts d'achat matière	100	65	6 500
Main d'œuvre directe			1 500
Coût de production	100		8 000

#### COÛT DE REVIENT

Coût de production + coût hors production	Quantité	P.U.	Montant
Charges directes			
Coût de production	100	80	8 000
Charges indirectes			
Main d'œuvre indirecte	50	18	900
Distribution	100	1	100
Coût de revient	100	90	9 000

#### MARGE OU VALEUR AJOUTÉE

Résultat analytique	Quantité	P.U.	Montant
Prix de vente	100	100	10 000
Coût de revient	100	90	9 000
Marge			1 000

### 93.1 EXEMPLE

Soit à déterminer, à partir des données suivantes, le coût de revient d'une production de 100 pièces.

- **Prix unitaire du brut** : 50 euros.
- **Frais de transport par brut** : 15 euros.
- **Temps de production directe** : 30 heures au taux horaire de 50 euros.
- **Temps de production indirecte** : 50 heures au taux horaire de 18 euros.
- **Frais de distribution par brut** : 1 euro.

Le prix de vente unitaire imposé par le marché est 100 euros. À partir de l'organigramme et des tableaux ci-contre, l'entreprise calcule sa marge. En fonction de la valeur de la marge, l'entreprise peut ou non répondre aux contraintes du marché.

### 93.2 COÛT DE REVIENT

Un coût de revient est constitué de charges directes et de charges indirectes :

- **Les charges directes** que l'on peut affecter sans calcul intermédiaire au coût d'un produit (matières, main-d'œuvre, amortissement, etc.).
- **Les charges indirectes** qui nécessitent un calcul intermédiaire pour être imputées au coût du produit (personnel administratif, personnel de nettoyage et d'entretien, frais de locaux, taxes, etc.).

### 93.3 MARGE

La marge est égale à la différence entre le prix de vente d'un produit et son coût de revient.

$$\text{Marge} = \text{Prix de vente} - \text{Coût de revient}$$